

## **AVERTISSEMENT PREALABLE**

Le présent document a été réalisé par des étudiants du Master Pro Qualimapa (USTL-Lille) dans le cadre de leur scolarité. Il n'a pas un caractère de publication scientifique au sens strict. En effet, il n'a pas été soumis à un comité de lecture avant publication. Ce travail a été noté, ainsi que la soutenance orale et l'éventuelle production multimédia auxquelles il a donné lieu. Ces évaluations participent à l'évaluation globale des étudiants en vue de l'obtention du diplôme de Master ; elles ont un caractère privé et ne sont pas communiquées ici.

Le contenu de ce document est donc proposé sous la seule responsabilité de leurs auteurs et doit être utilisé avec les précautions d'usage. C'est pourquoi le lecteur est invité à exercer son esprit critique.

Sa reproduction, totale ou partielle, est autorisée à condition que son origine et ses auteurs soient explicitement cités.

La liste des autres projets étudiants disponibles en ligne est disponible sur le site Internet du Master Qualimapa : <http://qualimapa.univ-lille1.fr/rapp1.htm>

*L'équipe enseignante*



**Master professionnel QUALIMAPA  
Promotion 2005 – 2006**

*Interactions Matériaux – Aliments*

*Interactions matériaux aliments : Valorisation  
scientifique ou marketing ?*

***Auteurs***

*Adamou Boubacar Hamani*

*Hanane El Krari*

*Johann Gigon*

*Sophie Girardon*

*Sandrine Prost-Dumont*

***Tuteurs***

*Jean Claude Liquet*

*Dominique Bounie*

*Marianne Catté*

*Elisabeth Van-Hecke*

## Résumé

Dans le monde agro-alimentaire, les industriels et les professionnels innovent sans cesse en proposant aux consommateurs des produits toujours plus attrayants pour répondre à leurs besoins quotidiens. La valorisation des qualités intrinsèques et extrinsèques des produits alimentaires est continuellement recherchée. Une question se pose alors : comment est-il possible de valoriser ces différentes qualités ?

Il est possible d'utiliser comme levier de valorisation l'étude des interactions entre les aliments et les matériaux entrant en contact alimentaire. Leurs propriétés respectives ne permettraient-elles pas d'obtenir des interactions favorables au produit ? C'est la question que se posent les industriels aujourd'hui en essayant de créer des interactions matériaux / aliments bénéfiques pour le produit. L'emballage actif est une bonne illustration de cette nouvelle tendance.

**Mots clés** : matériaux, aliments, interaction, valorisation, qualité

## Remerciements

*Nous souhaitons remercier Mademoiselle Marianne Catté, Madame Elisabeth Van Hecke et Messieurs Jean-Claude Liquet et Dominique Bounie pour leurs disponibilités et leurs conseils avisés pour la réalisation de ce projet.*

*Merci aussi à Messieurs Walter Nuninger et Bernard Weynans pour leurs remarques et leurs conseils lors de la pré-soutenance.*

# Sommaire

Résumé.....	1
Remerciements.....	2
Sommaire .....	3
Introduction.....	6
Partie 1 : La Valorisation par la Qualité .....	7
1 Les différentes perceptions de la valeur.....	8
1.1 La valeur.....	8
1.2 Différence entre Valeur et Prix.....	9
1.3 Les points de vue .....	10
1.4 Valeur, qualité et satisfaction .....	11
2 La création de valeur.....	12
2.1 Pourquoi créer de la valeur ?.....	12
2.2 Pour qui l'entreprise crée-t-elle de la valeur ?.....	12
2.3 Comment l'entreprise crée-t-elle de la valeur ? .....	13
3 Les différentes qualités qui permettent la valorisation d'un produit .....	14
3.1 Les qualités intrinsèques.....	14
3.1.1 La qualité sanitaire et hygiénique (sécurité) .....	14
3.1.2 La qualité organoleptique et gustative (sensorielle) .....	15
3.1.3 La qualité nutritionnelle (santé) .....	15
3.2 La qualité perçue .....	16
4 Le consommateur et la notion de qualité .....	17
4.1 Les attentes des consommateurs en terme de qualité alimentaire .....	18
4.2 Les facteurs qui agissent dans les choix et consommations alimentaires .....	19
Partie II : le rôle des interactions matériaux / aliments dans la valorisation des produits alimentaires..	22
1 Propriétés des aliments.....	23
1.1 Les facteurs intrinsèques .....	23
1.1.1 L'acidité .....	23
1.1.2 L'activité de l'eau .....	24
1.1.3 Composition de l'aliment.....	24
1.2 Les facteurs extrinsèques.....	25
2 Les différentes interactions possibles entre matériaux et aliments.....	27
2.1 La migration entre matériaux et denrées alimentaires.....	27
2.2 Transferts d'énergie - Transferts de chaleur.....	30
2.3 Interaction matériau / aliment dans un milieu biologique.....	31
2.3.1 Relation : biofilms/matériau/aliment .....	32
2.3.2 Influence des phénomènes de bioadhésion sur les matériaux.....	33

3	Les conséquences des interactions.....	34
	Partie III : Propriétés et utilisations des matériaux et des composés en contact alimentaire.....	36
1.	Matériaux métalliques.....	37
1.1	Matériaux à base d'acier .....	37
1.2	La fonte.....	38
1.3	L'aluminium.....	38
1.4	Le cuivre.....	39
2.	Matériaux minéraux.....	41
2.1	Le verre.....	41
2.2	Le pyrex.....	42
2.3	Les céramiques .....	42
2.4	La pierre.....	43
2.5	Les briques réfractaires.....	44
3.	Matériaux organiques.....	44
3.1.	Les plastiques .....	44
3.3.1	Les matériaux de structure et leurs associations .....	45
3.3.2	Les matériaux dits barrière.....	47
3.2.	Le bois .....	48
3.3.	Les papiers et les cartons .....	52
3.4.	Le cuir.....	53
3.5.	Les boyaux naturels.....	54
4.	Matériaux composites .....	54
5.	Autres composés en contact alimentaire.....	55
5.1	Les vernis de protection .....	55
5.2	Les encres alimentaires.....	55
	Partie IV : Les matériaux, outils de valorisation scientifique ou outils marketing ?.....	57
1	Valorisation des qualités intrinsèques des aliments.....	58
1.1.	L'acier inoxydable et la qualité sanitaire.....	58
1.2.	Les emballages actifs, facteur de valorisation de la qualité nutritionnelle.....	61
1.3.	Tonneaux en bois, vins et qualité sensorielle : à chaque cru sa forêt ?.....	67
2	Valorisation marketing.....	74
2.1	Les yaourts .....	75
2.2	Les plats cuisinés surgelés et leurs différents modes d'emplois .....	76
2.3	Les sachets micro-ondables.....	76
2.4	La gamme Vittel®.....	77
	Conclusion .....	79
	Lexique.....	80
	Bibliographie.....	81
	Annexes.....	85
	Tables des illustrations.....	86

Table des matières.....87

# *Introduction*

Dans le monde agro-alimentaire, les industriels et les professionnels innovent en proposant aux consommateurs toutes sortes de produits alimentaires adaptés à leurs besoins quotidiens. Ils innovent aussi par la technologie utilisée, par les machines, par les matériaux ou encore par le design de l'emballage. Aujourd'hui, l'alimentation est à 80% industrielle et joue sur la santé, le plaisir et la praticité, principales préoccupations des français (GUTIERREZ, 2005).

Le consommateur se trouve face à un vaste choix de produits qui lui apporte plus ou moins de satisfaction. Comment s'y retrouver ?

Dans un monde aussi concurrentiel que le notre, comment un industriel arrive-t-il à se démarquer ? Comment fait-il pour que son produit soit mieux qu'un autre ? Comment séduit-il le consommateur ?

Pour répondre à ces différentes questions et dans le cadre de notre projet « interactions matériaux / aliments » nous avons choisi d'étudier comment un matériau, par son interaction avec l'aliment, pouvait lui ajouter de la valeur.

Selon la réglementation, le contact alimentaire doit se baser sur un principe d'inertie. En réalité, qu'en est-il ? Même si ce principe reste approprié, peut-il vraiment s'appliquer aujourd'hui ? Le contact alimentaire est régi par des interactions qui ont lieu entre un matériau, qu'il soit emballage ou outil technologique, et une denrée alimentaire.

Les entreprises choisissent de valoriser un produit pour attirer le consommateur. Nous allons donc étudier ses besoins et attentes en terme de consommation alimentaire et de qualité, ainsi que son comportement alimentaire. Puisque qu'un produit est défini entre autre par ses qualités intrinsèques ou objectives et ses qualités subjectives, nous verrons comment les matériaux interagissent et influencent le produit.

## *Partie 1 : La Valorisation par la Qualité*

# **1 Les différentes perceptions de la valeur**

## **1.1 La valeur**

La valorisation est le fait d'apporter de la valeur à un objet, à une personne. La notion de valeur est très complexe puisque le mot valeur à lui-même plusieurs sens. Cette notion est expliquée en annexe 1.

Dans notre projet d'étude, différents sens du mot valeur vont nous concerner. Nous nous axerons avant tout sur le sens concret de la valeur, dans sa dimension économique. En effet, lorsqu'un producteur souhaite ajouter de la valeur à l'un de ses produits, le terme est bien abordé sous son approche financière. En revanche, il ne faut pas négliger qu'il existe un lien intime entre la valeur dans son sens économique (c'est-à-dire celle créée par l'entreprise) et la valeur dans son sens abstrait (celle parfois perçue par le consommateur) ; nous aurons d'ailleurs l'occasion de le démontrer.

En effet, si un producteur emballe son fromage dans une boîte en bois, celui-ci ajoute de la valeur à qualifiée « d'économique » à son produit. Pour le consommateur, outre le fait que cette valeur ajoutée se ressentira éventuellement dans le prix d'achat, ce produit présentant un nouvel emballage lui communique une perception de valeur supplémentaire, que l'on qualifie « d'abstraite » : le bois, matériau noble, renvoie une image de produit de qualité et répond à des « principes moraux » associant le bois au respect de la nature.

Les auteurs qui ont travaillé sur la valeur, Marx, Smith..., proposent différentes conceptions de la valeur. Celle-ci peut être objective ou subjective (Cf. annexe 1). Quelle vision concerne notre projet ?

La pleine assimilation de ces deux théories est un facteur essentiel à prendre en compte dans la recherche de valorisation concernant ce travail. La première se réfère uniquement à l'objet et considère que les choix des consommateurs sont rationnels. La seconde fait intervenir le sujet comme élément à part entière dans l'analyse de la valeur.

Comme on a pu faire la distinction entre une notion de valeur abstraite et une notion de valeur concrète, la distinction entre valeur subjective et valeur objective dépend du point de vue selon lequel on se situe et de l'objectif que l'on souhaite atteindre par cette valorisation. En effet, une relation existe entre ces deux théories. Pour tenter de l'expliquer, on peut prendre l'exemple de la relation entre producteur et consommateur. Le producteur crée d'abord une valeur qualifiée « d'objective ». En réalisant, par exemple, l'affinage de ses fromages pendant plusieurs semaines, il donne à ses produits la possibilité d'acquiescer une texture, des saveurs et un aspect caractéristiques. Cette opération demande beaucoup de temps de travail : il faut nettoyer le fromage, le retourner régulièrement et contrôler son affinage. Un consommateur un minimum « connaisseur » peut a priori reconnaître la valeur d'un fromage qui a subi un tel affinage. A ce niveau intervient un paramètre supplémentaire à la valeur de

ce produit, la localisation géographique de cet affinage ; ce paramètre n'a pas forcément demandé du temps de travail au producteur. S'il s'agit d'un fromage désigné comme étant « affiné dans les montagnes du Jura », certains consommateurs attribuent une valeur supplémentaire à ce produit.

Dans l'objectif de notre travail, il sera donc nécessaire de considérer ces deux visions. Deux questions devront se poser : en quoi une interaction avec un matériau améliorant la qualité d'un aliment va permettre d'ajouter de la valeur à celui-ci ? Comment cette valorisation interfère avec la perception qu'en a le consommateur ?

En d'autres termes : en quoi ces interactions vont ajouter une valeur « concrète » ou « objective » et une valeur « abstraite » ou « subjective » au produit alimentaire ?

## **1.2 Différence entre Valeur et Prix**

Les économistes définissent la valeur d'échange qui correspond essentiellement au prix et à la perception qu'en a l'acheteur. Celle-ci va dépendre de la valeur de coût, de la valeur d'usage et de la valeur d'estime [1].

La valeur de coût provient du total des coûts de main d'oeuvre, de matière première et des autres frais. C'est donc une approche objective.

La valeur d'usage est liée directement à l'utilisation que l'on va avoir du produit, dans un contexte donné. C'est à la fois une approche subjective et objective de la valeur : objective car un produit d'une grande ergonomie a une valeur d'usage élevée, subjective car dans un même contexte, deux personnes n'attribuent pas la même valeur d'usage à un produit.

La valeur d'estime correspond aux propriétés, aux caractéristiques ou à l'attrait qui nous font désirer la possession d'un produit (produits de prestige, de luxe, mode...) et au plaisir ressenti par l'utilisateur lors de l'utilisation de ce produit. La valeur d'estime est une approche purement subjective.

Le principe de subjectivité de la valeur permet d'expliquer ces variations. Le prix d'une marchandise ou d'un service dépend en fait de l'acheteur : à quel point a-t-il besoin du produit, quels sont ses goûts, quelle est sa culture, quelles sont les conditions de la vente (rareté, environnement, etc.) ?

On considère donc la valeur comme le prix potentiel ou désirable qu'un acheteur ou vendeur attribue à un bien ou un service. Dans ce sens où l'estimation est personnelle, la valeur peut donc différer du prix sur le marché.

Comme nous l'avons vu, il est nécessaire de définir la personne pour qui le produit ou le service sera valorisé. En effet, en fonction de la situation dans laquelle on se place, la valorisation n'a pas le même sens.

### **1.3 Les points de vue**

Que je sois dans la peau d'un client en train de faire ses courses, dans celle d'un chef d'entreprise, d'un économiste ou d'un actionnaire, la valeur ne signifie pas la même chose.

*Quels sont les différents points de vue de l'entreprise ?*

Si l'on s'intéresse à la notion de valeur vue par l'entreprise, on s'aperçoit qu'elle est beaucoup plus floue (LIQUET, 2005). La valeur n'a pas le même sens si elle concerne les actionnaires, les dirigeants ou le personnel. La valeur pour l'entreprise peut-être aussi bien la valeur ajoutée, la valeur du capital, la différenciation par rapport à ses concurrents, la valeur créée pour ses clients...

*Comment le consommateur perçoit-il la valeur d'un produit ?*

Pour le consommateur, il existe une réelle ambiguïté entre prix et valeur. En effet, la plupart des consommateurs n'ont pas conscience des nuances de valeurs existantes [2]. Ils amalgament leurs différentes perceptions en une notion globale, en y intégrant le prix, seule base objective de comparaison.

On peut toutefois distinguer deux situations différentes où le consommateur est confronté à une perception de la valeur : lors de l'achat et lors de la consommation.

Lors de l'achat, la valeur est un déterminant du choix d'un produit parmi d'autres. Ce choix dépend de l'appréciation qu'a le client de l'ensemble des avantages retirés d'un produit par rapport au coût total représenté par son prix d'achat. C'est, autrement dit, « *le ratio des bénéfices perçus par rapport aux sacrifices perçus* » (MONROE et KRISHNAN, 1985). Les bénéfices font référence à l'idée de gain, d'utilité générale, de satisfaction des désirs ou plus généralement de conséquences positives pour l'individu. Ce peut-être par exemple le plaisir ou la symbolique engendrés par l'acte d'achat.

Le coût ou les sacrifices font référence, d'une manière générale, aux conséquences négatives induites par l'acte d'achat et de consommation.

Ce ratio bénéfice/sacrifice peut-être, par exemple, le rapport qualité/prix que les consommateurs ont pratiquement tous en tête. Le consommateur compare alors avec les différents produits concurrents. La valeur est bien ici une notion relative puisqu'elle résulte d'une comparaison avec l'offre de la concurrence. Nous aurons aussi l'occasion de voir la différence entre valeur et qualité et d'étudier ce qu'est la notion de qualité pour le consommateur.

On retrouve cette idée dans la norme NF X 50-150 qui définit, elle, la valeur comme un « *jugement porté sur le produit sur la base des attentes et des motivations de l'utilisateur, exprimé par*

*une grandeur qui croît lorsque, toute chose égale par ailleurs, la satisfaction du besoin de l'utilisateur augmente et/ou que la dépense afférente au produit diminue. »*

Lors de la consommation, la valeur ne précède pas, mais au contraire, résulte de l'expérience de consommation ou de possession d'un produit, c'est à dire de « *l'interaction entre une personne (la demande), un objet (l'offre) et une situation ou contexte de consommation* » (PUNJ et STEWART, 1983).

L'expérience de consommation ne se limite pas à des éléments purement instrumentaux (comme par exemple le fait qu'une boisson nous désaltère) mais implique des « *composantes affectives et symboliques* ». (COHEN et ARENI, 1991). Enfin, la possession des produits peut avoir une signification sociale.

Le dernier niveau de complexité de la valeur, même si l'on pourrait en décrire d'autres, tient à ces points de vue différents qui sont souvent la cause de mécontentement aussi bien au sein de l'entreprise qu'avec les clients et les consommateurs.

#### **1.4 Valeur, qualité et satisfaction**

Les conditions économiques actuelles tendent à privilégier, en marketing, l'adoption de stratégies défensives visant à conserver et fidéliser les clients. Les entreprises accordent ainsi une importance grandissante à l'amélioration de la qualité des produits offerts.

Il existe aujourd'hui des opposants à ces méthodes car ils considèrent que seule la valeur serait susceptible de conférer à l'entreprise un avantage compétitif.

Il existe bien un lien, difficilement saisissable, entre qualité et valeur. On définit donc souvent la qualité comme un antécédent de la valeur [3], dans le sens où il est important de déterminer les qualités qui, pour les clients, présentent de la valeur. On parle donc souvent de qualité perçue. Le consommateur décide d'acheter un produit parce que celui-ci lui apparaît bon, attirant, sain, voire sympathique. Il effectue son choix à partir de la perception qu'il a du produit. Cette perception lui fait attribuer certaines qualités au produit. Autrement dit, le consommateur ne juge pas uniquement les qualités intrinsèques du produit. Son choix est donc en partie dicté par ce qu'on appelle la qualité perçue.

On place alors la valeur et la qualité perçue dans une chaîne où intervient également la satisfaction.

La satisfaction apparaît comme une des conséquences de la valeur dans la mesure où elle résulte de la consommation du produit. La satisfaction suppose ainsi, comme pour la valeur, l'existence d'un «jugement».

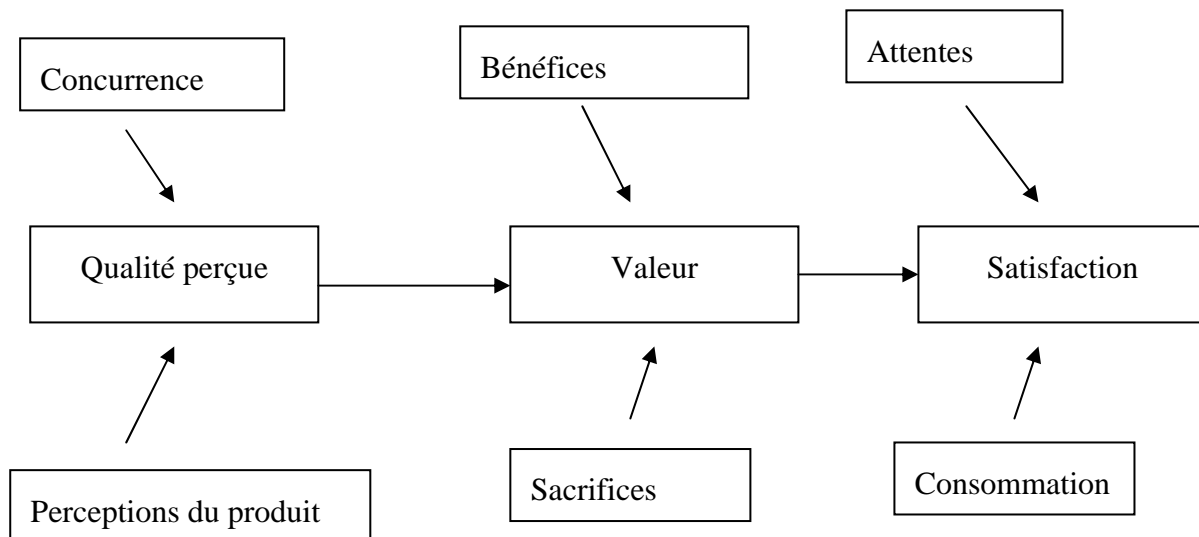


Schéma 1 : Valeur, Qualité et Satisfaction

## **2 La création de valeur**

### **2.1 Pourquoi créer de la valeur ?**

D'un point de vue financier, l'objectif d'une entreprise est de créer de la valeur, c'est-à-dire d'être capable de réaliser des investissements. En effet, les entreprises ont des besoins en capitaux de plus en plus importants. Ce peut être des capitaux physiques, investissements dans des nouvelles usines, nouvelles machines, pour suivre les nouvelles technologies ; ou des besoins en capitaux immatériels très importants avec l'accroissement de la recherche et développement et l'accroissement de la formation du personnel. Si cette condition est remplie, la valeur de l'action progresse. La création de valeur c'est aussi une façon d'assurer la compétitivité et de répondre aux attentes des consommateurs.

### **2.2 Pour qui l'entreprise crée-t-elle de la valeur ?**

En premier lieu, pour les actionnaires puisque la finalité de l'entreprise est d'augmenter la valeur de l'action.

Ensuite pour le personnel, souvent dans un souci de motivation et d'implication dans la

politique de création de valeur. Des rémunérations incitatives basées sur le profit économique constituent un élément essentiel pour cette orientation.

Enfin, les entreprises orientées marché tendent avant tout à créer de la valeur pour le client. Dans ces entreprises, la création de valeur pour le client est la notion clef, celle qui va déterminer les orientations en terme de marchés, de produits ou de services (BARWISE et MEEHAN, 2005).

L'entreprise qui crée de la valeur pour ses clients va :

- Comprendre au mieux les attentes de ses différents types de clients
- Concevoir et proposer les produits les mieux adaptés
- Améliorer la qualité des produits
- Etre à la pointe de l'innovation en matière de produits et de services
- Orienter l'organisation de l'entreprise vers le client
- Mesurer le niveau de satisfaction des clients et leur fidélité

### **2.3 Comment l'entreprise crée-t-elle de la valeur ?**

Deux stratégies principales sont envisageables :

- une stratégie de baisse des consommations intermédiaires : en réduisant certains coûts, les entreprises sont ainsi en mesure de dégager davantage de valeur ajoutée sans avoir à augmenter leurs prix
- une stratégie d'accroissement de la valeur des produits (par la différenciation, la segmentation) permettant de vendre plus cher les produits fabriqués (PENNORS et DAVID, 2001). Ces deux stratégies sont expliquées en annexe 1.

Ces deux grandes orientations ne s'opposent pas réellement entre elles. Il s'agit en réalité des deux faces d'une stratégie globale de développement de la valeur ajoutée.

Pour créer de la valeur, les entreprises ont différentes possibilités appelées leviers de valorisation. Quels sont-ils ?

- la traçabilité
- la prise en compte de la dimension environnementale
- les stratégies de marque
- les ressources humaines
- la recherche, l'innovation et l'utilisation des technologies de l'information et des télécommunications
- la qualité (qualité des produits et certifications, par exemple certifications ISO pour les sites de production des entreprises)

Tous ces leviers interviennent dans la valorisation, certains réfèrent directement aux qualités intrinsèques du produit et d'autres à l'image de marque ce celui-ci, de l'entreprise c'est-à-dire aux qualités subjectives du produit. Nous développerons tout d'abord le levier « qualité produit » puis la

qualité subjective appelée encore qualité perçue. Après avoir défini ces qualités, nous nous intéresserons au consommateur, principale personne concernée. Il ne faut pas oublier que c'est le consommateur qui, en achetant un produit, fait vivre l'entreprise.

### **3 Les différentes qualités qui permettent la valorisation d'un produit**

#### **3.1 Les qualités intrinsèques**

Aujourd'hui, une des grandes préoccupations de la plupart des entreprises agro-alimentaires est l'amélioration de la qualité des produits alimentaires. Il est donc nécessaire d'améliorer le système qualité et / ou de retravailler les recettes pour une meilleure qualité organoleptique et nutritionnelle des produits. Quelles sont ces qualités ? Comment peuvent-elles valoriser les aliments ? Comment le matériau en contact avec l'aliment peut-il jouer un rôle ?

##### **3.1.1 La qualité sanitaire et hygiénique (sécurité)**

La qualité sanitaire et hygiénique des produits prend de plus en plus d'importance dans les industries agroalimentaires. Les industriels essaient d'améliorer continuellement leur système de contrôle de cette qualité ; la sécurité alimentaire n'a jamais été aussi importante en France, avec moins de 200 morts par intoxication alimentaire en 1998 contre 15000 par an dans les années cinquante (PENNORS et DAVID, 2001).

Dans des conditions normales d'utilisation (respect de la durée de vie du produit, chaîne du froid...), l'aliment ne doit pas être toxique, ni représenter un danger pour la santé des individus. Cela signifie que l'aliment ne doit pas contenir de substances dangereuses pour le consommateur, ni par les quantités ingérées, ni par le degré de toxicité de ces substances. Les substances dangereuses peuvent être dues à un facteur extérieur à l'aliment (contamination par un emballage), à une accumulation au cours de la chaîne alimentaire (métaux lourds), ou elles peuvent être générées par l'aliment au cours du processus de fabrication (développement de micro-organismes).

Il existe divers outils pour vérifier la bonne qualité sanitaire des produits : la traçabilité (permet de remonter à la cause du problème en cas de contamination), la méthode HACCP (fixe des points critiques à maîtriser au cours des différentes étapes de fabrication du produit, ce qui permet un meilleur contrôle) et les guides de bonnes pratiques d'hygiène (réalisés par secteur d'activité). D'autres facteurs peuvent aussi rassurer les consommateurs : les marques (identifiées généralement comme gage de qualité) et les signes officiels de qualité (Agriculture Biologique, Appellation d'Origine Contrôlée, Label Rouge, Certifié Conforme) (PENNORS et DAVID, 2001).

Afin de mieux anticiper les réactions des consommateurs face aux crises alimentaires, il pourrait être intéressant de favoriser l'utilisation des sciences sociales (sociologie, psychologie notamment) dans les entreprises.

Cette qualité sanitaire et hygiénique est très importante et surtout obligatoire (les produits alimentaires doivent offrir une parfaite innocuité au consommateur). Elle ne peut donc pas être considérée comme une qualité permettant d'accroître la valeur ajoutée des produits alimentaires.

Toutefois, une entreprise maîtrisant parfaitement la traçabilité et l'hygiène de ses produits et de ses sites industriels peut communiquer sur ce point afin de le valoriser auprès des consommateurs. De ce fait, la qualité sanitaire et hygiénique peut-être un argument de choix avancé par les entreprises qui la maîtrisent pour faire face à des concurrents offrant moins de sécurité. Elle est obligatoire mais contribue aussi à l'image de la marque.

Pour illustrer cette qualité, prenons l'exemple de l'inox en restauration collective. Ce matériau est utilisé dans les cuisines collectives car il se nettoie et se désinfecte facilement ; il permet de ce fait une meilleure hygiène des plans de travail (limitation des contaminations des denrées alimentaires). Cette qualité intrinsèque au produit joue aussi sur l'image du produit. Elle est surtout objective et s'évalue grâce aux tests internes ou aux contrôles des services sanitaires, mais elle peut aussi devenir subjective quand l'entreprise s'en sert comme outils de communication.

### **3.1.2 La qualité organoleptique et gustative (sensorielle)**

« *La qualité organoleptique recouvre l'aptitude des produits à susciter des réactions sensorielles chez le consommateur* » (au niveau visuel, du toucher, olfactif, auditif et gustatif) (PENNORS et DAVID, 2001). Elle est appréciée par celui-ci en fonction de l'aspect, de la texture et de la flaveur de l'aliment. C'est un facteur hédonique très important, variable selon l'époque, les individus (géographie et culture), l'environnement. Cette qualité varie aussi en fonction de la conservation des produits alimentaires (apparition de goûts non désirés...). Ceci implique que l'on s'intéresse aux interactions se produisant entre l'aliment et le matériau d'emballage. Il faudrait d'une part, optimiser la rétention des substances nutritives au sein de l'aliment et, d'autre part, adapter le matériau d'emballage à son contenu [4].

Le goût, la saveur, l'arôme distinguent les produits alimentaires entre eux. De manière générale, les produits alimentaires doivent apporter au consommateur de la variété (différents arômes, saveur...) et un certain plaisir gustatif. Afin de mieux comprendre ce qui est source de plaisir alimentaire pour le consommateur, les industriels peuvent mettre en place des tests d'analyse sensorielle sur des produits alimentaires concurrents (PENNORS et DAVID, 2001). Cela permet de voir quel est le produit préféré des consommateurs, où se situe le produit de l'entreprise par rapport à celui de la concurrence et comment améliorer la recette pour faire mieux que le concurrent.

Un exemple qui illustre l'importance de cette qualité est l'élevage du vin. Un vin élevé en cuve en inox et un vin élevé en fût de chêne ne développent pas les mêmes saveurs, ni les mêmes arômes. On retrouve par exemple des notes boisées dans le vin élevé en fût de chêne que l'on ne retrouve pas dans le vin élevé en cuve en inox. Nous pouvons donc dire que le fût de chêne valorise le vin en lui apportant des caractéristiques sensorielles qu'il n'acquière pas lorsqu'il est élevé en cuve inox

### **3.1.3 La qualité nutritionnelle (santé)**

C'est l'aptitude du produit à « bien nourrir », (BOLNOT, 1996), à satisfaire les besoins nutritionnels. Elle possède deux aspects :

- *Quantitatif* : c'est l'énergie contenue dans l'aliment sous forme de macronutriments (protéines, lipides, glucides) ; celle-ci est mesurable par calorimétrie.

- *Qualitatif* : c'est le respect de l'équilibre nutritionnel de l'aliment au regard du consommateur (par exemple : les acides aminés ou les vitamines). Les éléments représentant l'aspect qualitatif de la qualité nutritionnelle sont la composante non énergétique de notre alimentation et sont nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme (rôle direct sur notre santé).

Hippocrate pensait déjà que l'on pouvait préserver sa santé en mangeant correctement. « *De tes aliments tu feras une médecine* » Hippocrate.

Aujourd'hui, les consommateurs perçoivent un lien direct entre alimentation et santé, ils sont de plus en plus exigeants en matière de diététique, de santé et de bien-être (BOLNOT, 1996). Leurs préoccupations nutritionnelles sont importantes ; ils recherchent des produits bénéfiques pour la santé, c'est-à-dire des produits alimentaires ayant des caractéristiques nutritionnelles spécifiques. La qualité nutritionnelle devient donc un facteur de choix très important au regard des consommateurs (BOLNOT, 1996). Les industriels vont chercher à améliorer constamment cette qualité afin de valoriser leurs produits, et ce notamment grâce aux matériaux.

Dans notre projet, un exemple de matériau qui interagit avec l'aliment sur la qualité nutritionnelle est l'emballage sous vide. En effet, le fait de conditionner le produit alimentaire en enlevant l'oxygène permet une meilleure conservation de ses vitamines. Par exemple, certains légumes ou encore les steaks hachés Charal® sont conditionnés de la sorte.

L'emballage sous vide contribue donc à la valorisation de la qualité nutritionnelle des produits alimentaires en limitant l'oxydation des vitamines.

### **3.2 La qualité perçue**

« *Les produits alimentaires acquièrent des dimensions de plus en plus nombreuses, complexes et immatérielles* » (PENNORS et DAVID, 2001). Le produit agro-alimentaire ne possède plus seulement des qualités intrinsèques, il sert aussi de support de communication ; ce support est beaucoup utilisé par les entreprises pour améliorer la qualité perçue par le consommateur. Les caractéristiques fonctionnelles des produits alimentaires sont nombreuses : praticité, durée de conservation plus longue, réduction du temps de cuisson, stockage facilité, respect de certaines valeurs (comme par exemple la préservation de l'environnement)... (PENNORS et DAVID, 2001).

La qualité perçue par le consommateur n'est pas qu'un simple concept, c'est une donnée qualitative que l'on peut mesurer et que l'on doit contrôler régulièrement afin de l'améliorer continuellement. Cette qualité prend en compte le service rendu à la personne. Le produit n'est pas directement concerné ; c'est l'utilisateur.

Aujourd'hui, une véritable concurrence par les services se met en place. Les entreprises doivent apporter quelque chose de plus que le concurrent, leurs produits doivent avoir des caractéristiques fonctionnelles particulières que ne possèdent pas les autres produits afin d'améliorer la « qualité perçue ».

La qualité perçue perturbe les qualités intrinsèques du produit lors de l'acte d'achat ou de consommation. En effet, une compote en pot métallique et une compote en pot verre, toutes deux

appertisées, pourront avoir les mêmes qualités sanitaire, nutritionnelle et sensorielle mais pas la même qualité perçue. Le pot verre permet au consommateur de voir ce qu'il achète, il connote la tradition et il peut être réutilisé chez le consommateur ; la conserve est moins fragile et diminue les risques de blessures.

L'exemple de Frédéric Sauvage sur le bocal en verre le montre encore : « *un bocal de conserve en verre laisse entendre « tradition », fait « comme grand-mère » et paraît certainement moins industriel que le boite 4/4 en métal. Ainsi, si on veut positionner une conserve « façon ancienne », le conditionnement bocal de verre est à envisager.* » (MULTON, BUREAU et al, 1998).

Dans l'industrie alimentaire, le matériau n'est pas choisi simplement pour ses critères techniques et financiers mais aussi pour l'influence qu'il a sur la perception et le positionnement du produit. Les perceptions peuvent être visuelles, tactiles, sonores ou encore odorantes. Lors de l'achat, la perception, très subjective (matière, forme, couleur...), qu'a le consommateur du produit ou de son matériau d'emballage lui fait attribuer certaines qualités, certaines valeurs à ce produit.

A travers des exemples détaillés, nous reviendrons sur le rôle des matériaux dans la valorisation de ces différentes qualités.

#### **4 Le consommateur et la notion de qualité**

Les entreprises agro-alimentaires voient un intérêt majeur dans les recherches sur le comportement du consommateur lors de l'achat ou de la consommation d'un produit alimentaire. En effet, une bonne connaissance du consommateur et de ses attentes permet une meilleure adaptation des produits. En fonction de ce que souhaite le consommateur, l'entreprise améliorera tel ou tel type de qualité. Si le consommateur est soucieux de sa santé, l'industriel devra travailler sur la qualité nutritionnelle. En revanche si le consommateur souhaite plus de praticité, c'est sur la qualité de service qu'il faudra jouer pour améliorer la qualité perçue.

Du fait de la complexité et de la diversité des facteurs qui agissent sur la consommation et les choix alimentaires (qualité, économie, psychologie, sociologie et nutrition), seuls des travaux récents existent (après les années 90).

Il convient avant tout de savoir quels sont les éléments en interaction :

- l'individu, l'acheteur ou le consommateur
- le produit et ses qualités intrinsèques
- l'emballage
- leur environnement c'est-à-dire le lieu, le moment d'achat ou de consommation, le contenant dans lequel va être consommé le produit.

Tout ceci joue sur la perception alimentaire, sur la valeur attribuée à un produit alimentaire, sur la qualité perçue et donc sur les préférences alimentaires.

#### **4.1 Les attentes des consommateurs en terme de qualité alimentaire**

Selon les études, les consommateurs perçoivent et recherchent deux ou trois types de qualité.

Les études qui distinguent seulement deux types de qualité parlent de « qualité générique » et de « qualité sociétale ».

La « qualité générique » doit être rigoureuse c'est-à-dire que pour le consommateur, il est normal que tout produit soit sain et sans risque pour la santé. En effet, la qualité sanitaire doit être maîtrisée. Pour satisfaire ceci, il existe des normes et des méthodes de gestion de la qualité. Le consommateur exige aussi d'un produit qu'il soit nourrissant et savoureux. La qualité nutritionnelle d'un produit peut être chiffrée (en calories, en quantité de micronutriments) ; elle est quantifiable. La qualité sensorielle, quant à elle, est appréciée par l'analyse sensorielle qui est utilisée pour mieux comprendre les mécanismes qui interviennent dans la notion de plaisir. Elle est propre à chaque individu.

La « qualité sociétale » montre que le produit alimentaire doit satisfaire des besoins d'appartenance, des besoins d'éthique et des besoins d'information. Cette qualité est perçue par le consommateur ; le matériau, en particulier l'emballage, joue alors un rôle stratégique. Lors de l'achat ou de la consommation, il a pour but d'attirer le consommateur et de véhiculer le « plus » du produit ou les valeurs de la marque. En effet, chaque matériau a sa symbolique ; celle-ci découle de l'histoire et de l'usage qui a été fait de ce matériau.

Le consommateur ne juge pas alors les qualités intrinsèques du produit. Peut-on dire que l'emballage détermine la valeur du contenu ? (DE RAYMOND, 2005)

Les études qui distinguent trois types de qualité parlent de « qualité physique, éthique et symbolique ».

Le terme physique renvoie à la nature concrète du produit c'est-à-dire au goût, à la texture, à l'aspect sanitaire, réglementaire et à la nutrition.

Le terme éthique suggère un jugement de valeur du produit et de son origine, c'est-à-dire jugement du mode de production, du respect de l'environnement ou des normes sociales. Le terme symbolique renvoie à l'affect, c'est-à-dire à l'attachement du produit (souvenirs, famille,...), à la notion de produit du terroir, de tradition. Dans cette segmentation, la qualité sociétale est un peu mise à l'écart [5].

Nous avons donc deux segmentations de la qualité d'un produit alimentaire. La première comprend deux aspects, générique et sociétal et la seconde trois, physique, éthique et symbolique. Les consommateurs déterminent bien les qualités des produits et souhaitent qu'elles soient toutes le plus adaptées à leur besoin.

Une étude du CREDOC<sup>1</sup>, organisme qui étudie les comportements de vie des individus, montre que 58% des consommateurs associent un produit de qualité au goût, 58% au prix, 27% à son rapport à la nutrition et 23% à ses qualités sanitaires (frais, sans risque pour la santé) (CREDOC, 2004). On voit bien que la qualité sanitaire est moins associée à la notion de qualité en générale, donc de valeur, puisqu'elle est exigée même sur des produits bas de gamme. Le consommateur veut être rassuré ; notamment en terme de risques toxicologiques des matériaux en contact alimentaire, de migration de certains composants des emballages, d'altérations au cours de la conservation du produit... (MULTON, BUREAU et al, 1998).

L'étude du CREDOC évoque aussi les signes de la qualité ; en effet, lorsque l'on parle de qualité aux consommateurs, ils leur font référence et confiance. En revanche, ils ne distinguent pas les signes officiels, tels que « Label Rouge, Agriculture Biologique, Appellation d'Origine Contrôlée et Certifié Conforme », des signes non officiels tels que « terroir » ou encore « saveur de l'année ». Le consommateur choisit un produit parce qu'il pense qu'il est « sain », qu'il a bon goût, qu'il apporte un « plus » nutritionnel et qu'il est fabriqué avec un certain savoir faire. Les consommateurs sont relativement peu informés et l'étude montre qu'ils souhaitent avoir des informations claires et simples sur les produits.

L'étude fait bien référence aux différentes qualités définies ci-dessus. Le consommateur les prend bien toutes en compte lors de ses achats ou de ses consommations.

## **4.2 Les facteurs qui agissent dans les choix et consommations alimentaires**

Les comportements alimentaires et donc les choix alimentaires sont déterminés en fonction du plaisir (hédonisme), de l'expérience individuelle, de l'environnement social, des normes, des valeurs, de la culture et de la religion ou encore de la disponibilité alimentaire. Du fait de la complexité et de la multitude de ces facteurs influents, il ne sera pas possible de les traiter en profondeur. Ils sont tous importants et agissent plus ou moins en fonction des situations, des produits alimentaires et des individus. Le schéma ci-dessous expose les facteurs qui interviennent dans les choix alimentaires (ROUDAUT et LEFRANCQ, 2005).

---

<sup>1</sup> CREDOC : Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie

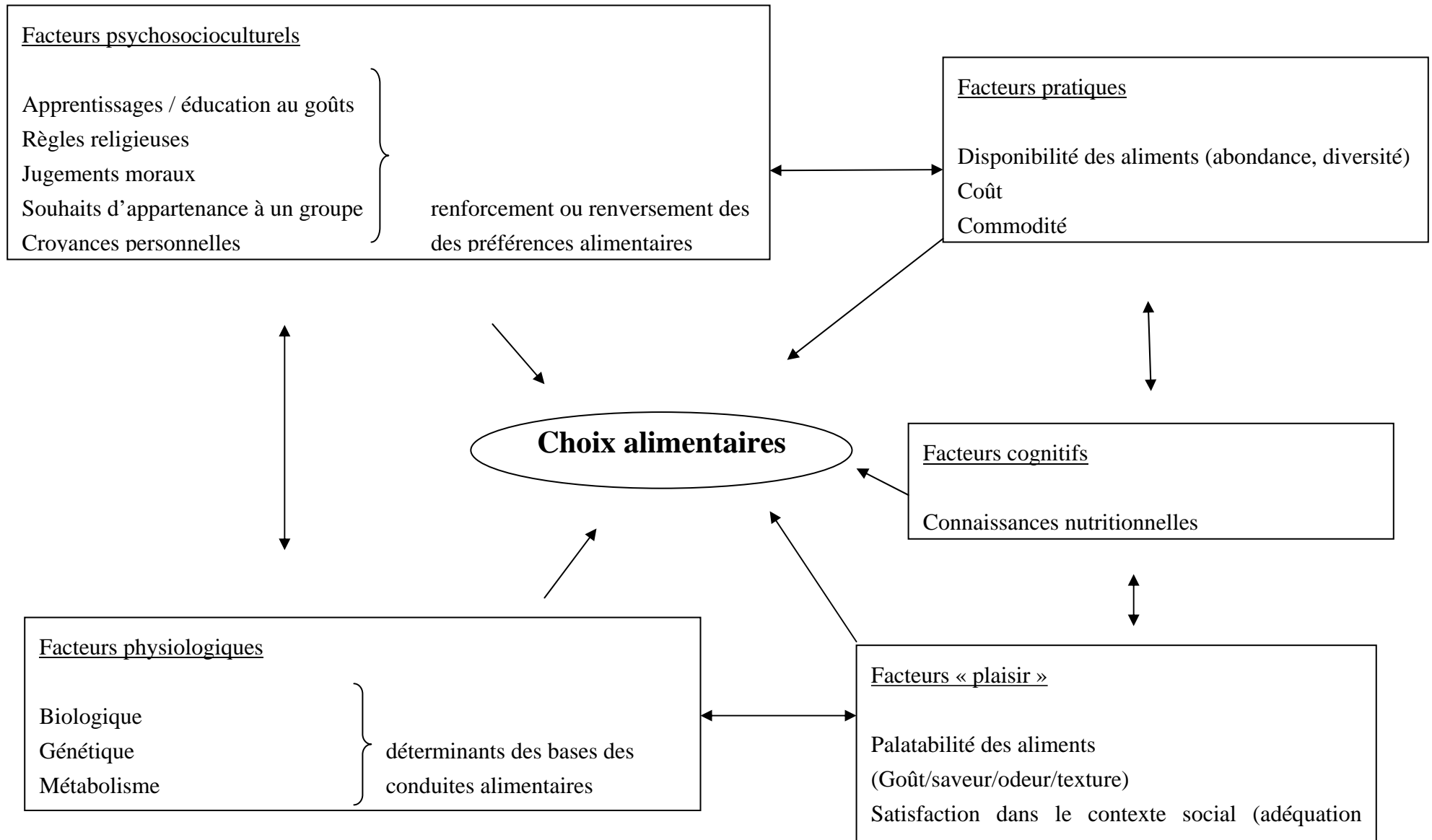


Schéma 2 : Facteurs et choix alimentaires (ROUDAUT et LEFRANCQ, 2005)

Le CREDOC classe les consommateurs en neuf catégories en fonction des stratégies de consommation (Cf. annexe 2) ; cependant, tous les consommateurs rappellent la notion de risques lors de l'achat ou de la consommation d'un produit alimentaire. Les risques peuvent être physiques et ont un rapport avec la sécurité (méconnaissance du produit par exemple), la santé ou encore la nutrition. En effet, 85% des ménages interrogés estiment que la façon dont ils mangent a une influence sur la santé (versus 75% en 1997 et 70% en 1995) (CREDOC, 2004). Les risques peuvent aussi être financiers, en lien avec la perte de temps, la perte de performance, notamment performance gustative et / ou psychologique évoquant la notion de plaisir, d'image de soi, d'appartenance à un groupe. Les industriels doivent travailler sur les qualités des produits pour réduire ces risques.

Nous avons vu que les facteurs sensoriels agissaient sur l'acte d'achat et la consommation d'un produit alimentaire. En effet, lors de leur premier achat, 50% des consommateurs se basent sur la couleur du produit (CREDOC, 2004). Plus que la vue, c'est l'ensemble des sens (goût, odorat, ouïe, toucher) qui peuvent être mobilisés.

La perception des aliments est donc différente en fonction des odeurs, des formes, des couleurs, des saveurs, des textures, des moments de consommation, de la société, des contenants (emballage, vaisselle...)... L'attachement à des valeurs (tradition, santé, respect des méthodes de production, famille, écologie,...) et à l'environnement (lieux, moment, entourage, amis,...) est important.

En ce qui concerne l'appartenance à un groupe et l'évolution de la société, on voit bien leurs influences : avant, il fallait manger en quantité pour être bien portant et donc paraître en bonne santé ; aujourd'hui, le repas doit plutôt être léger, digeste, rapide et surtout savoureux. La notion de plaisir reste toujours particulièrement importante.

Les industriels se servent de ces connaissances pour vendre leurs produits alimentaires. Cela se traduit par des méthodes spécifiques de production / fabrication, lorsqu'ils veulent jouer sur la tradition, la nutrition, l'environnement, le savoir-faire..., et / ou sur le choix du matériau de cuisson ou du matériau d'emballage lorsqu'ils veulent jouer sur les sens, la symbolique, la santé, la sécurité du produit alimentaire.

La connaissance des consommateurs permet de connaître quelles sont les qualités du produit à améliorer. Nous avons choisi de valoriser ces qualités grâce à leurs interactions avec les matériaux. En effet, nous pensons que le matériau peut ajouter de la valeur à l'aliment. Que ce soit au cours de la fabrication, de la conservation, de l'achat ou de la consommation, comment un matériau peut-il interférer avec un aliment ? Quels types d'interactions existe-il ? Quelles sont les propriétés des matériaux ? Qu'est ce qu'ils connotent ?

*Partie II : le rôle des interactions matériaux / aliments*  
*dans la valorisation des produits alimentaires*

La réglementation relative aux matériaux en contact alimentaire évoque le principe d'inertie entre le matériau et l'aliment en contact (Cf. annexe 3). Pourtant, lors de la fabrication et pendant la conservation des aliments, il existe des phénomènes d'interactions entre le matériau utilisé et la denrée alimentaire en contact. Pour une conservation optimale des qualités des produits, on cherche à augmenter ou à diminuer ces interactions. Elles correspondent aux différents échanges pouvant avoir lieu entre le milieu extérieur, le matériau et le produit. En fonction des propriétés physico-chimique de l'aliment, de l'image que l'industriel veut faire passer par son produit (tradition, image de marque, praticité...), du procédé de fabrication, le professionnel choisit tel ou tel matériau d'emballage.

## **1 Propriétés des aliments**

Un aliment est caractérisé par deux types de facteurs :

- facteurs intrinsèques : acidité (pH), activité de l'eau ( $A_w$ ) et composition de la denrée (ingrédients)
- facteurs extrinsèques : température, atmosphère, humidité relative, lumière...

### **1.1 Les facteurs intrinsèques**

Ils sont propres aux produits. Ce sont ces facteurs qui vont influencer directement la conservation et le choix du matériau.

#### **1.1.1 L'acidité**

Lorsque nous consommons des boissons et des aliments, notre langue est sensible à certaines saveurs : le sucré, le salé, l'amer et l'acide. Le goût acide se retrouve souvent lors de la consommation de certains fruits comme le citron ou l'orange. Il correspond à une propriété chimique détectée par la langue et qui peut-être mesurée par une grandeur appelée pH.

Le pH est une grandeur sans unité qui exprime le caractère acide d'un produit contenant de l'eau. Suivant la valeur de ce pH, le produit est acide (pH inférieur à 7), neutre (pH égal à 7) ou basique (pH supérieur à 7).

Les aliments ont un pH généralement inférieur à 7. On peut réaliser un classement des aliments en fonction de leur pH. On retrouve les catégories « très acide », « acide », « moyennement acide » et « peu acide ». On peut voir à travers ces quelques exemples ce type de classement :

- $\text{pH} < 3,7$  très acides : on trouve des fruits tels que les pommes, citrons ou framboises
- $3,7 < \text{pH} < 4,6$  pH acides : on trouve dans cette catégorie les oranges, olives et certaines tomates
- $4,6 < \text{pH} < 5,3$  moyennement acides : on trouve dans cette zone de pH le pain, le fromage ou les carottes
- $\text{pH} > 5,3$  peu acides : on trouve à ce niveau la viande, le poisson et la plupart des légumes

Il est important de connaître le pH afin de connaître la stabilité de l'aliment vis-à-vis des microorganismes. On sait notamment que les bactéries se développent à un pH compris entre 6,5 et 7,5 alors que les champignons et moisissures possèdent un éventail de pH plus large. De plus, il est rare que les microorganismes pathogènes pour l'homme se développent à un pH acide, inférieur à 4. Il est important de connaître le pH d'un aliment pour déterminer sa stabilité face à la détérioration microbienne [6].

### **1.1.2 L'activité de l'eau**

L'activité de l'eau va de l'eau à la matière sèche, sur une échelle respectivement de 1 à 0. Elle se note Aw.

L'activité de l'eau est une caractéristique importante des propriétés des aliments. En effet, l'Aw va interagir directement avec les différentes propriétés des aliments. Par exemple, elle va jouer sur la propriété chimique, modifiant les caractéristiques de fluidité, de coagulation ou la formation de grumeaux. Sont aussi en relation directe les propriétés physiques, mécaniques et microbiologiques, cette dernière ayant un rôle important pour la conservation de l'aliment.

L'activité de l'eau est déterminante dans la conservation des qualités intrinsèques de l'aliment (conservation, couleurs, teneur en vitamines...). En effet, la disponibilité de l'eau intervient dans de nombreuses activités enzymatiques, chimiques mais aussi microbiennes. Les microorganismes se développent à un niveau variable d'Aw. Il est important de connaître cette valeur pour limiter voir inhiber la croissance de bactéries non désirées. Pour une Aw inférieure ou égale à 0,6, les microorganismes néfastes à l'aliment n'ont plus d'effet. Si l'aliment à un pH inférieur à 4, 6 ce seuil passe à 0,85 [7].

### **1.1.3 Composition de l'aliment**

Un aliment est composé de macronutriments (protéines, lipides et glucides) et de micronutriments (vitamines, minéraux et oligoéléments).

En fonction de leurs apports en nutriments, les aliments peuvent être classés en sept catégories :

- laits et produits laitiers : protéines animales, calcium, vitamines du groupe B et vitamine A, lipides
- viandes, poissons et œufs : protéines animales, fer, vitamines du groupe B
- légumes et fruits : vitamine C, Béta-carotène, minéraux et fibres alimentaires
- céréales et légumineuses : glucides complexes, protéines végétales, vitamines du groupe B et fibres
- matières grasses : lipides (différents acides gras en fonction de la matière grasse), vitamines A et E
- sucres et produits sucrés : glucides simples
- boissons : eau, parfois glucides simples et / ou alcool

## 1.2 Les facteurs extrinsèques

Ils dépendent de l'environnement dans lequel se situe le couple matériau / aliment. Ce sont :

- Facteur « temps » : il est en relation avec la vitesse de réaction dont la connaissance est indispensable pour déterminer la durée de conservation optimale et la concentration en nutriments. Ces relations sont régies par les lois classiques de la cinétique chimique. Ce facteur temps se traduit par une Date Limite de Consommation (DLC) ou par une Date Limite d'Utilisation Optimale (DLUO) référencée sur le produit.
  - Facteur « température » : Devant le pH et l'activité de l'eau ( $A_w$ ), la température est le paramètre essentiel d'évolution des équilibres thermodynamiques (stabilité des états physiques). Un accroissement de la température entraîne une agitation moléculaire traduisant une augmentation de l'énergie cinétique. Lorsque ces deux phénomènes sont suffisants, certaines liaisons peuvent être rompues (liaisons hydrogènes) produisant des modifications dans les structures macromoléculaires. Généralement la vitesse de réaction est une fonction croissante de la température (loi d'Arrhenius). Par exemple, pour la conservation, il faut retenir que la vitesse des réactions d'altération augmente avec la température et qu'à une température élevée, une nouvelle hausse même faible s'avère néfaste pour le produit. Concrètement, cela va se traduire par une température de conservation à respecter.
  - Le facteur « hydratation » : il met en jeu des mécanismes complexes (liaisons hydrogènes entre molécules d'eau et extrémités polaires d'autres molécules) ou des phénomènes physiques (capillarité, osmose...).
- L'hygroscopie se mesure par une « courbe de sorption » qui exprime la relation entre la teneur en eau du produit et l' $A_w$  de ce produit à l'équilibre thermodynamique.
- Des études ont démontré qu'il existe des seuils d'humidité relative à partir desquels, pour une température donnée, l'activité des causes d'altération (micro-organisme, activité enzymatique, chimique...) se trouve inhibée. Ainsi, presque toutes les réactions biologiques ou biochimiques sont inhibées à une  $A_w$  inférieure à un seuil critique ( $A_w = 0,6$ ).
- En deçà, seules certaines réactions enzymatiques (lipases) et oxydations non enzymatiques peuvent se produire.
- Le facteur « pH » : il influence les activités enzymatiques et le développement de microorganismes. Une meilleure conservation est obtenue avec des milieux acides.
  - Le facteur « teneur en oxygène et en gaz carbonique » : il influence les métabolismes des microorganismes selon qu'ils soient aérobies ou anaérobies, les oxydations non enzymatique et certaines oxydations enzymatiques (lipooxydase).
  - Le facteur « contrainte mécanique » : il influence directement les autres facteurs et donc le produit. En effet, le matériau au contact alimentaire doit être résistant mécaniquement pour protéger le produit contre les chocs, les pressions, les rongeurs et les insectes ; l'intégralité de ses propriétés barrières doit être conservée. Par exemple, un choc sur une boîte de conserve entraîne la présence d'oxygène et par la suite le développement de microorganismes ou l'oxydation du produit.

- Le facteur « lumière » : lorsque l'emballage est transparent, elle peut-être une cause importante de dégradation d'un produit alimentaire, le plus souvent liquide. Les emballages opaques permettent eux de contrer l'action de la lumière, ils nuisent cependant d'un point de vue commercial à la promotion du produit.

La lumière est responsable du phénomène de photo-oxydation qui est un mécanisme conjugué (synergie) de l'oxygène et de la lumière.

Ses principaux effets sont : la perte de vitamines, oxydation des lipides insaturés, décoloration et apparition de défauts de la flaveur.

Les éléments les plus sensibles sont donc les corps gras (huiles, produits laitiers,...), les vitamines, les colorants et les arômes (MULTON, BUREAU et al, 1998)

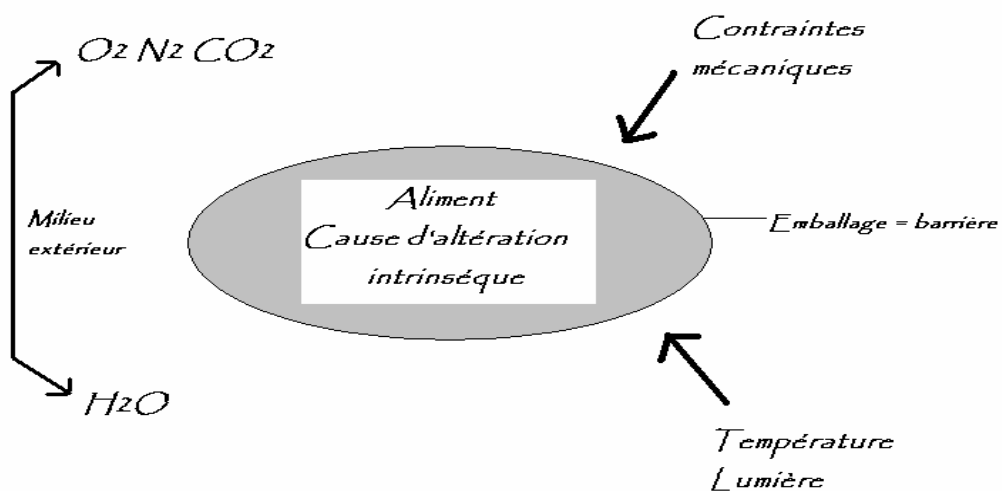


Schéma 3 : Récapitulatif (MULTON, BUREAU et al, 1998)

Attention, ces facteurs ont généralement des actions conjuguées, ils sont soumis à des effets synergiques plus ou moins intenses ou peuvent avoir des effets contradictoires.

Pour déterminer la durée optimale de conservation des produits, il faut donc tenir compte de l'environnement, du matériau et de l'aliment. En effet, en fonction de ces trois éléments, les réactions sont différentes ; c'est pourquoi il est nécessaire de connaître les propriétés de chaque matériau et de chaque aliment pour définir un couple matériau / aliment.

## 2 Les différentes interactions possibles entre matériaux et aliments

Le schéma suivant montre les différentes interactions possibles entre l'aliment, le matériau en contact et l'environnement.

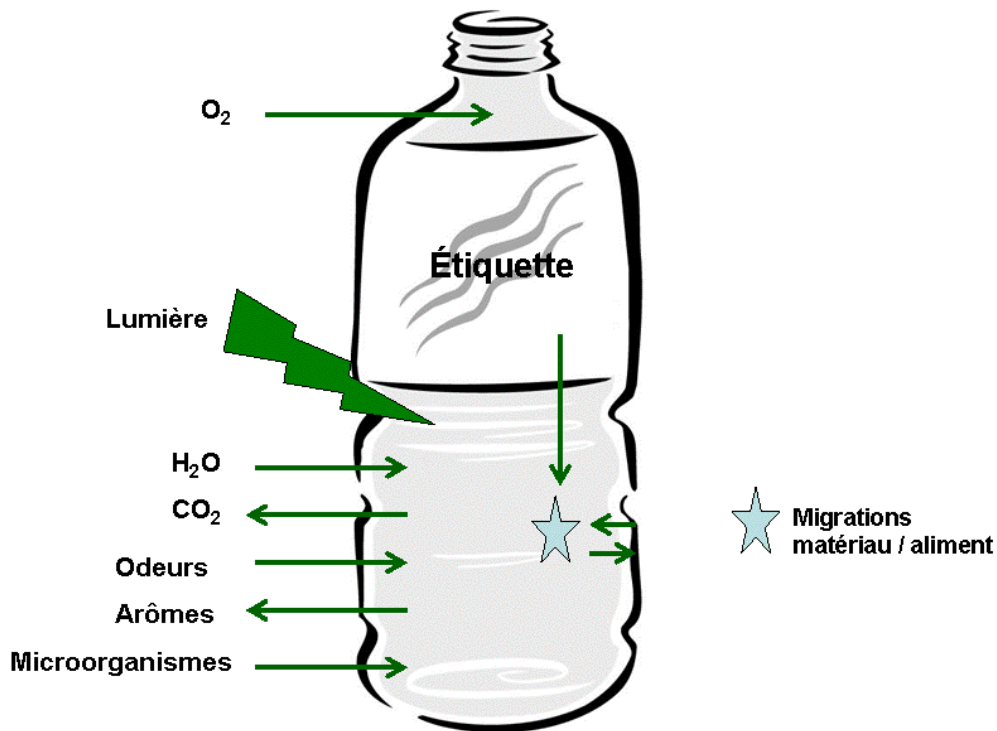


Schéma 4 : Exemple de migrations possibles dans le cas d'une bouteille en PET

Ces différentes interactions peuvent se regrouper en trois catégories :

- les transferts de matière entre le produit, le matériau et parfois l'environnement, encore appelés migration, peuvent se produire en phase liquide, gazeuse ou solide
- les transferts de chaleur comme la conduction, la convection et le rayonnement
- les contaminations dues au passage de microorganismes à travers le matériau, notamment pour les matériaux plastiques. On peut émettre l'hypothèse d'une perméabilité des matériaux aux microorganismes au même titre que la perméabilité aux liquides et aux gaz. Les bactéries diffuseraient en dehors des pores ou imperfections du matériau.

### 2.1 La migration entre matériaux et denrées alimentaires

Les interactions possibles entre les matériaux et les aliments peuvent entraîner un phénomène de migration. Les sources de contamination de l'aliment par un phénomène de migration sont au nombre de trois :

- Les monomères du matériau de base ou les additifs incorporés au matériau contenant peuvent se transférer dans l'aliment avec des conséquences sur les plans organoleptique ou toxicologique. Ce phénomène de migration dépend de la composition du matériau, de sa nature, de sa volatilité, de la concentration de ses molécules mais également de celle de l'aliment. En effet la migration est fonction des affinités entre le migrant et le produit emballé. La plupart des monomères et des adjuvants étant lipophiles, la migration est généralement plus importante dans un milieu gras que dans un milieu aqueux.
- Certains constituants de l'aliment peuvent être source de contamination pour l'aliment lui-même. En effet, certains de ses constituants sont susceptibles d'être transférés à l'emballage et d'en modifier la structure, activant ainsi la migration du contenant vers le contenu. Le type d'interaction considéré est la sorption de molécules de l'aliment par le matériau contenant. Ce phénomène joue un rôle important dans le cas des arômes : le matériau d'emballage peut effectivement causer un déséquilibre aromatique. Mais inversement, comme l'ont montré récemment des études de l'unité de recherche sur la sécurité et la qualité des aliments emballés (SQUALE) de l'INRA, des matériaux plastiques peuvent avoir un effet bénéfique pour les arômes de jus de fruits. Dans un jus d'orange conservé en bouteille de verre, les arômes évoluent chimiquement au cours du temps, indépendamment des interactions avec le matériau, ce qui entraîne un risque d'altération de l'arôme possible avec l'apparition de fausses notes (MULTON, BUREAU et al, 1998 et [8]). Certains plastiques peuvent éviter la formation de substances indésirables en stabilisant certains composés d'arômes. Ce phénomène de sorption se retrouve chez les aliments gras pour lesquels les interactions avec l'emballage augmentent avec la chaleur, le temps et leur richesse en matières grasses. De même pour les molécules volatiles dont la fuite, dans ou au travers du matériau d'emballage entraîne une diminution de la qualité organoleptique du produit.
- Le matériau peut enfin être perméable à des contaminations provenant de l'environnement. Le passage de l'oxygène est à éviter pour protéger l'aliment de l'oxydation ou du développement microbien. De même pour la vapeur d'eau qui entraîne un risque pour les aliments sujets à réhydratation et favorise la prolifération de certains microorganismes. Enfin, il est préférable d'empêcher la pénétration d'autres substances volatiles susceptibles d'altérer les propriétés organoleptiques telles que les hydrocarbures ou les parfums. Dans le cas d'un transfert du produit vers l'environnement, il faut notamment éviter la perte d'arômes, de gaz introduit pour la conservation tel que le gaz carbonique ou l'azote, ou encore la déshydratation par perte d'eau sous forme de vapeur d'eau. Il faut également prendre en compte une possible migration de photons de la lumière de l'environnement dans l'aliment. Ceci peut entraîner une détérioration organoleptique et sanitaire de ce dernier par oxydation. C'est le cas pour les huiles d'assaisonnement ou de cuisine dont on recommande la conservation dans des contenants opaques.

En règle générale, la migration augmente avec la durée et la température de stockage. Les transferts sont régi par la loi de Fick (Cf. annexe 4) et dépendent donc des caractéristiques des

matériaux. Cela pose le problème de l'étanchéité et de l'imperméabilité des matériaux contenant des aliments.

La migration dépend donc d'une part de la nature du matériau et d'autre part du milieu en contact avec celui-ci.

On peut ainsi distinguer les matériaux selon trois catégories :

- Les matériaux où la migration est nulle ou tout au moins négligeable : ce sont dans leur globalité tous les matériaux en contact avec un produit alimentaire en condition sèche. Par exemple, on ne constate pas de migration entre le sucre en morceaux et son emballage carton ni des épices dans leur bocal en verre.
- Les matériaux où un certain degré de migration est toujours présent, indépendamment du produit emballé. Ce sont principalement les matières plastiques. Leurs polymères ou monomères peuvent diffuser passivement dans le produit. On parle de migration spécifique lorsqu'il s'agit de la migration d'un monomère du matériau dans l'aliment par unité de surface en fonction du temps, elle se calcule par la loi de Fick.
- Les matériaux où la migration dépend des produits avec lesquels ils ont été mis en contact : les phénomènes mis en jeu sont contrôlés par les propriétés des deux phases qui sont en contact. Il se présente trois possibilités :
  - La paroi des matériaux métalliques entre en réaction chimique avec le contenu qui est généralement de nature liquide. Il en résulte la solubilité des constituants du matériau. Si celui-ci n'est pas traité, les composés métalliques peuvent réagir avec les acides présents dans les aliments provoquant la formation d'hydrogène gazeux et d'ions métalliques qui vont entraîner un phénomène de corrosion. Ceci pose un problème pour les canettes de soda en aluminium. La corrosion entraîne un goût métallique de la boisson empêchant sa consommation, pouvant aller jusqu'à provoquer la perforation de l'emballage. Pour lutter contre ce phénomène, les industries ont ajouté à la canette un revêtement protecteur.
  - La paroi absorbe les liquides qui augmentent aussi la mobilité et donc la migration des constituants présents. On constate ce phénomène pour des matériaux plastiques ou papiers. Si l'on prend l'exemple des cartons à pizza, le carton absorbe les matières grasses liquides entraînant une détérioration de l'emballage, ce qui est nuisible au produit. Il serait intéressant de valoriser ce phénomène en ajoutant des additifs permettant d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et mécaniques du matériau.
  - En ce qui concerne les substances gazeuses, la paroi du matériau peut absorber des molécules volatiles ou des arômes entraînant une perte des caractéristiques organoleptiques du produit. Dans le cas des sodas gazeux, il est nécessaire d'empêcher la perte en CO<sub>2</sub> qui altérerait les caractéristiques organoleptiques.

Les phénomènes de migration sont très réglementés et dépendent du matériau utilisé en contact alimentaire. Il existe un principe important : l'inertie du matériau vis-à-vis de l'aliment, c'est-à-dire que celui-ci ne doit pas céder aux aliments des composés en quantités susceptibles de présenter un danger

pour la santé humaine, ni entraîner une modification inacceptable de la composition des denrées alimentaires ou une altération des caractères organoleptiques de celles-ci. Toutefois, avec l'évolution des technologies et des matériaux pouvant entrer en contact alimentaire, ce principe peut être remis en cause. Si l'on parle par exemple des emballages actifs, ces derniers peuvent avoir la capacité de céder des molécules valorisant le produit telles que des vitamines. La réglementation française et européenne évolue par des arrêtés spécifiques à certains matériaux notamment les plastiques. Cependant, il reste néanmoins un besoin d'inertie dans le cas où les substances peuvent nuire à la santé du consommateur (GAQUEREL et COSTES, 2004).

## 2.2 Transferts d'énergie - Transferts de chaleur

Un transfert de chaleur part du point le plus chaud vers le point le plus froid. On peut l'exprimer par l'expression qui suit :

$$\text{Moteur du transfert de chaleur} = T_{\text{chaude}} - T_{\text{froide}}$$

Il existe trois mécanismes principaux de transfert de chaleur : la conduction, la convection et le rayonnement.

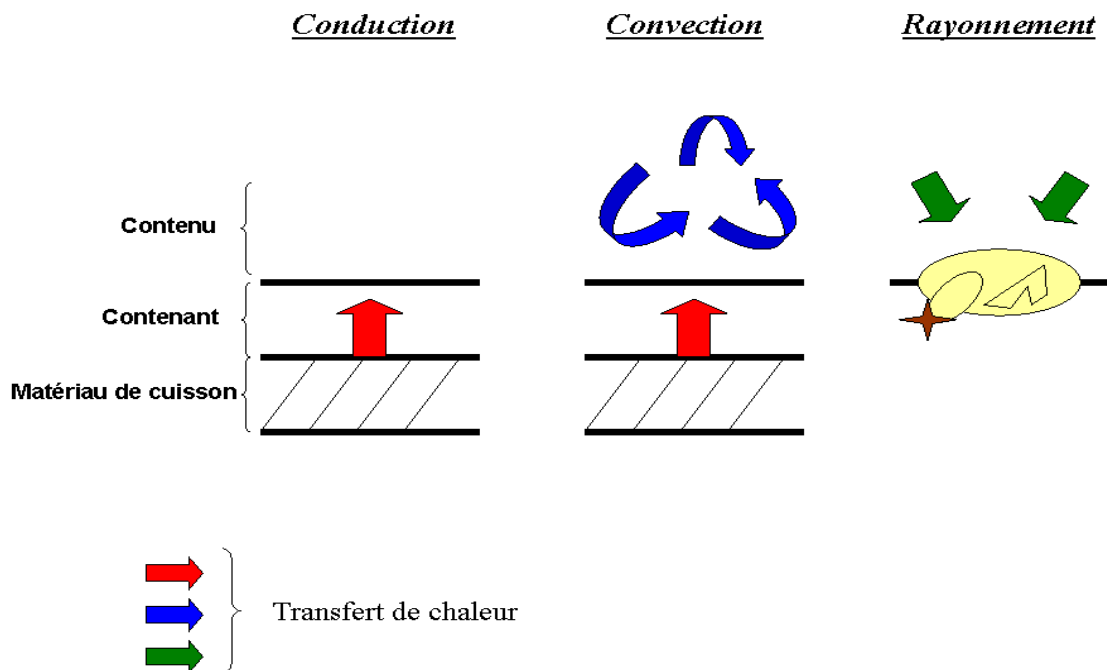


Schéma 5 : Les transferts de chaleur (BIMBERET et al, 2002)

- *Le rayonnement* : Tous les corps matériels de température absolue  $T > 0^\circ\text{K}$ , émettent des ondes électromagnétiques, c'est-à-dire "un rayonnement thermique". A ce mécanisme s'ajoute un processus d'absorption des radiations électromagnétiques provenant de l'environnement de ces corps. Leur état thermique est alors régi par le bilan des processus d'émission et d'absorption.

Le rayonnement thermique correspond à un transfert de chaleur ne nécessitant aucun support matériel. Il peut entraîner des réactions photochimiques au sein de denrées sensibles à la lumière et donc une perte de couleur, de vitamines ou encore la photolyse d'acides aminés.

- *La conduction* : ce transfert est le seul que l'on puisse rencontrer dans les solides. La propagation de la chaleur s'effectue d'atome en atome, par transmission d'énergie d'agitation thermique. En milieu solide les atomes, dont les positions d'équilibre sont fixes dans l'espace, transfèrent de la chaleur sans transfert de matière. Elle est régie par la première loi de Fourier (Cf. annexe 5).

Grâce à cette première loi, on constate que les métaux sont de meilleurs conducteurs de chaleur que les autres matériaux. On utilise préférentiellement les métaux pour la cuisson, alors que pour la conservation de chaleur dans le produit, on utilise par exemple le carton.

- *La convection* : de façon générale, c'est un transfert de chaleur entre deux phases de nature différente. Elle intervient, par exemple, à la surface de séparation entre un solide et un fluide (liquide ou gaz), ou encore, à la surface libre entre un liquide et un gaz.

Le transfert de chaleur s'effectue en 2 phases :

- première phase : la chaleur est échangée par conduction entre la surface solide et une mince couche de fluide (appelée "couche limite"), au voisinage de la surface.
- seconde phase : la couche limite est déplacée dans sa masse ; ce déplacement est, soit naturel (variation de la masse volumique de la couche limite chauffée ou refroidie, par rapport à celle du fluide en masse), soit artificiel (action d'une pompe, d'un agitateur). On parle alors soit de convection naturelle, soit de convection forcée.

La convection correspond à un transfert de chaleur par transfert de matière et elle est régie par deux lois de Fourier (Cf. annexe 5) (BIMBERET et al, 2002 et [9]).

### **2.3 Interaction matériau / aliment dans un milieu biologique**

On ne peut pas parler de matériaux en contact alimentaire sans évoquer la présence des micro-organismes et leurs influences directes sur les aliments. La qualité hygiénique des matériaux est la préoccupation majeure des professionnels du secteur agro-alimentaire. Cette qualité concerne surtout les aspects relatifs au nettoyage, aux phénomènes de bioadhésion et à la formation de biofilm. Même s'il est impossible d'atteindre la stérilité absolue (absence totale de microorganisme) les industriels doivent respecter des normes. Celles-ci définissent les quantités maximales de micro-organismes, c'est-à-dire des quantités non nuisibles pour la santé de l'homme.

Les micro-organismes utilisent les matériaux comme source de nourriture. Leur présence altère les propriétés mécaniques des matériaux. Ceux-ci deviennent fragiles et donc plus vulnérables aux réactions chimiques en présence d'aliments corrosifs (vinaigre, sel, acide...). Les points les plus exposés à ce genre de dommage sont les points de soudure ou de polissage du matériau.

L'altération des propriétés mécaniques d'un matériau peut avoir des conséquences sur le milieu environnant et donc sur l'aliment qui se trouve en contact avec le matériau altéré. Ces conséquences

peuvent être directes, conduisant à une contamination physique de l'aliment (présence de résidus de matériaux et diffusion des substances vers l'aliment) ou indirectes, liées aux modifications des caractéristiques physiques des matériaux (conductivité thermique, imperméabilité comme la perte d'étanchéité du PVC).

L'aliment contenant forcément une quantité de microorganismes (flore endogène), on peut le considérer comme un milieu biologique vivant qui interagit avec son environnement (en l'occurrence les matériaux). Il est également un facteur favorisant le développement des microorganismes exogènes (milieu riche en nutriments). Les deux cas illustrent l'interaction forte qui existe entre aliment / microorganismes / matériaux et cette interaction peut être nuisible (menace pour la sécurité alimentaire) mais aussi bénéfique, en permettant le développement des propriétés organoleptiques appréciées pour certaines catégories d'aliments (fromage, vin, hydrolysats protéiques). Les deux cas sont par ailleurs étudiés à travers les exemples sur l'acier inoxydable et l'utilisation du bois (SCHMIDT, 1999).

### **2.3.1 Relation : biofilms/matériau/aliment**

Le biofilm est un film biologique constitué d'un ensemble de microorganismes intégrés dans une matrice de fibres produites par certaines bactéries. Il est capable de coloniser des surfaces (matériaux, peau, mucus...) ou des liquides. Il se forme en présence d'une interface colonisable (comme les surfaces des matériaux), d'une solution aqueuse comme moyen de transport et de nutriments (l'aliment).

Le biofilm constitue une couche protectrice dans laquelle les bactéries sont à l'abri de l'action des produits chimiques et des désinfectants. Certaines de ces bactéries sont susceptibles de libérer des endotoxines responsables des maladies et infections.

Les conséquences de la formation d'un biofilm sur la surface d'un matériau sont multiples. Il y a évidemment une perte de stérilité mais aussi un phénomène de corrosion (biocorrosion). Mais dans certains cas, la présence d'un biofilm pour la fabrication de certains produits est favorable.

Dans le cas des produits laitiers, comme le fromage, le lait est un milieu propice au développement d'une flore bénéfique, présentant un intérêt technologique. En effet, il a été prouvé que certaines bactéries (que l'on retrouve sur des matériaux comme le bois encore très utilisé en fromagerie) jouent de nombreux rôles dans les procédés de fabrication comme la maturation du lait.

La présence d'une flore bactérienne diversifiée permet la diversification des propriétés organoleptiques des fromages (BEUVIER et al 1997). Des différences de caractéristiques sensorielles ont notamment été observées avec des fromages dont le lait a été inoculé avec différentes communautés microbiennes récupérées dans du lait collecté dans un récipient en bois (gerle) (BERODIER et al, 2005).

Les flores microbiennes pourraient aussi être un facteur de qualité sanitaire car elles peuvent exercer un rôle de barrière vis-à-vis des espèces pathogènes (BROUILLAUD-DELATTRE et al, 1997 et EPPERT et al, 1997).

### **2.3.2 Influence des phénomènes de bioadhésion sur les matériaux**

L'adhésion des micro-organismes à la surface des matériaux est un phénomène assez rapide. Une fois fixés, les micro-organismes sécrètent un ensemble d'exo-polymères, pour aboutir à la colonisation du matériau, jusqu'à constitution des biofilms.

La bioadhésion (adhésion en milieu biologique) constitue un problème majeur de l'utilisation de matériaux en milieu biologique (présence des aliments). On a commencé à observer le mouvement des colonies d'organismes adhérents depuis que l'on a réalisé qu'ils représentaient le problème de base pour l'hygiène et la stérilité.

Les phénomènes bioadhésifs dépendent directement des propriétés de surface : topographie, types de structure de la surface. Les forces d'adhésion dépendent en outre des interactions électriques entre la surface des matériaux et celle des microorganismes.

Tous les facteurs agissants sur l'activité cellulaire sont en mesure d'influencer les mécanismes d'adhésion, on peut citer :

- le pH : en cas d'acidification du milieu, les bactéries développent une couche mucilagineuse qui peut également intervenir dans l'adhésion
- la lumière, qui constitue une source d'énergie pour le métabolisme et qui provoque des effets comparables à ceux du pH
- les nutriments : un manque de nutriments provoque des transformations cellulaires vers une forme de résistance (formation de spores). Un approvisionnement insuffisant peut conduire à la mort des cellules et donc à la formation de biofilms épais ce qui cause un problème de salubrité.

L'état de surface joue un rôle important : l'adhésion est plus facile dans les anfractuosités ou lorsque des irrégularités existent à la surface du matériau (cas du bois) et elle est plus importante sur certains polymères hydrophobes (PVC) par rapport à certains polymères plus hydrophiles (polyuréthane) ou par rapport aux matériaux tels que l'acier inoxydable ou le verre qui sont chargés négativement.

Après la phase d'adhésion, les micro-organismes se multiplient en même temps qu'ils sécrètent des exopolysaccharides. Dans cette matrice glucidique qui s'accumule à la surface du matériau, les bactéries peuvent survivre et se multiplier, formant des micro-colonies.

La maturation de cet ensemble aboutit à un biofilm de structure complexe et hétérogène, dépendant de la quantité de nutriments disponibles et de la quantité de bactéries dans le milieu (SCHMIDT, 1999).

On comprend donc que les phénomènes d'adhésion et de formation des biofilms nuisent directement à la qualité sanitaire. Ils peuvent constituer un danger, étant donné les substances générées au cours de ces réactions, le risque de contamination et les conséquences qui en découlent (altération des propriétés des aliments, insalubrité...).

Du fait des réactions existantes entre les matériaux, les aliments et les micro-organismes, il est nécessaire d'adapter les matériaux en fonction des catégories d'aliments, des risques d'adhésion, de la facilité de nettoyage et de désinfection, seul moyen pour prévenir la formation des biofilms et éviter la contamination des aliments.

Cependant, comme dans la plupart des aliments qui nécessitent l'activité de microorganismes, le traitement drastique des surfaces n'est pas une mesure adéquate. L'élimination d'une flore parfois indispensable dans le processus de fabrication de certains produits fermentés conduit fréquemment à des pertes de goût, de typicité, voir à des difficultés de fabrication. En effet, au sein des flores microbiennes se trouvent des micro-organismes qui influencent favorablement les qualités organoleptiques des produits. Cette flore, variable selon les régions, est un des éléments responsable de la typicité des produits du terroir. (SCHMIDT, 1999)

### **3 Les conséquences des interactions**

Les grandes causes de modification (altérations ou réactions volontaires) des denrées alimentaires peuvent être regroupées en quatre catégories :

- Les réactions chimiques (notamment quand la température est élevée) :
  - Les réactions de Maillard (ou brunissement non enzymatique)
  - Les transitions thermiques des macromolécules (détérioration des protéines et modification physicochimique de l'amidon)
  - Les oxydations non enzymatiques (oxydation à l'oxygène, l'auto-oxydation des lipides)
- Les réactions enzymatiques : résultant de réactions catalysées à température moyenne par les enzymes propres au produit ou exogènes (microorganismes). Ce sont essentiellement des réactions d'hydrolyse et d'oxydation.
- Les altérations biologiques : liées aux activités métaboliques des êtres vivants, présents ou associés au produit, de façon volontaire ou par contamination.
- Les réactions physicochimiques : ce sont les réactions qui touchent directement à l'intégrité physique du produit (par exemple : la déstabilisation des émulsions, des gels, la « rétrogradation » des gels d'amidon, la floculation ou les transitions de phases).

Pour préparer, faire cuire, conserver et consommer les aliments, il existe des matières d'origine naturelle ou artificielle que l'homme façonne et/ou assemble pour en faire des objets (casserole, emballage, plat, assiette...). Certains matériaux en contact alimentaire sont très utilisés (inox, verre, plastique...), d'autres, comme le bois, le tissu ou le cuir, le sont beaucoup moins en raison d'une réglementation et de prétendus risques pour le consommateur. Cependant, nous avons choisi d'étudier les matériaux ayant un impact significatif sur la qualité des aliments, de connaître leurs caractéristiques et leurs rôles sur la valorisation objective ou subjective des produits alimentaires. En effet, même si des

matériaux sont critiqués par des études, réglementés et interdits par des lois, l'évolution actuelle des connaissances scientifiques laisse penser que les pratiques courantes concernant les matériaux au contact alimentaires sont constamment remises en questions et susceptibles d'évoluer. C'est pourquoi il nous paraît essentiel de ne pas éliminer de notre étude des matériaux parfois peu utilisés ou en voie de disparition.

En plus des matières ou matériaux, il existe d'autres composés en contact alimentaire tels que les vernis ou les encres. Ils seront traités dans la partie « matériaux » car on peut en effet considérer que ces composés font partie intégrante des matériaux et qu'ils sont responsables des interactions (ou de l'absence d'interaction) avec l'aliment.

Nous nous intéresserons tout d'abord aux vérités scientifiques des propriétés des matériaux qui sont en mesure de valoriser les aliments puis aux matériaux en tant qu'outils marketing.

*Partie III : Propriétés et utilisations des matériaux et  
des composés en contact alimentaire*

Les matières sont sélectionnées par les industriels, ou autres utilisateurs, en fonction de leurs propriétés et de l'utilisation que l'on souhaite en faire. La nature chimique des différentes matières premières qui sont à la base des matériaux confère à ceux-ci des propriétés particulières et donc des usages spécifiques.

On distingue ainsi quatre grandes familles de matériaux utilisés en contact alimentaire :

- les matériaux métalliques
- les matériaux minéraux
- les matériaux organiques
- les matériaux composites ou complexes

## **1. Matériaux métalliques**

Les matériaux métalliques sont des métaux ou des alliages de métaux. On les utilise pour la fabrication des denrées alimentaires (cuves, plan de travail...) et pour la conservation (boîtes, canettes...).

### **1.1 Matériaux à base d'acier**

Il existe différentes sortes d'acier utilisées en contact alimentaire. Le principal matériau pour boîtes de conserve est le fer blanc électrolytique ; c'est une mince feuille d'acier revêtue d'une couche d'étain pur sur ses deux faces.

Plusieurs normes françaises et européennes définissent en détail les caractéristiques de ces matériaux qui prennent globalement l'appellation « d'aciers pour emballages ».

L'élément commun à tous ces matériaux est l'acier de base. Sa composition chimique influence ses caractéristiques mécaniques et peut jouer un rôle sur la résistance à la corrosion (MULTON, BUREAU et al, 1998).

L'acier pour fer blanc contient, dans des proportions différentes, les éléments suivants : le carbone, le manganèse, le soufre, le phosphore, le silicium et le cuivre. Le fer blanc peut aussi être associé à une couche d'étain qui joue un rôle d'antioxydant ; l'étain se comporte comme une anode assurant une protection cathodique du fer (exception pour les boissons gazeuses avec lesquelles le fer est rapidement attaqué).

L'acier ordinaire, qui est exposé à l'action corrosive des éléments naturels, s'oxyde et sa surface se couvre de rouille ou d'oxyde de fer (DGS, 2003).

L'acier inoxydable est un alliage de fer et de carbone auquel on peut ajouter du chrome, du nickel, du molybdène et / ou du vanadium ; ce mélange lui confère une résistance irréprochable à la corrosion. Ce phénomène préoccupe fortement les professionnels de l'agro-alimentaire. Le chrome, allié au fer et au nickel, provoque la formation d'une pellicule de surface oxydée capable de ralentir ou même d'arrêter totalement la corrosion. Quand on l'enlève, elle se reforme immédiatement à l'exposition avec l'oxygène de l'atmosphère. L'utilité de l'acier inoxydable dépend donc de sa résistance à la corrosion, qui varie considérablement selon le type d'acier utilisé.

L'acier inoxydable est très utilisé en agroalimentaire particulièrement pour les machines, les

cuves, étagères, couteaux, vis, tables... On l'emploie pour ses propriétés de nettoyabilité. Il permet l'utilisation de produits agressifs en concentrations assez élevées. Par ailleurs, il ne forme pas d'oxydes qui pourraient se retrouver dans les aliments. C'est un matériau neutre, inerte qui ne modifie pas les propriétés organoleptiques des aliments. Il a aussi une très bonne résistance mécanique.

C'est cependant un mauvais conducteur : c'est pourquoi les poêles en inox sont munies d'un fond multi strates, généralement en aluminium et en cuivre.

## **1.2 La fonte**

La fonte est un alliage de fer et de carbone (2,5 à 6 % de carbone). L'affinage se fait par chauffage et donne de l'acier.

La fonte est un bon conducteur de chaleur. Elle est plus longue à mettre en chauffe, mais surtout plus longue à refroidir. Elle est surtout utilisée pour la cuisson, en industries comme chez les particuliers (cocottes), car elle permet de faire mijoter les plats. Ce matériau est aussi utilisé dans la fabrication de hachoirs.

Le principal intérêt d'une cuisson douce et lente concerne la viande. La cuisson de la viande est un des sujets auquel se consacre dans son laboratoire Hervé This, physico-chimiste à l'INRA et initiateur de la « gastronomie moléculaire ». Pour être appréciée, une viande ne se mange pas dure, il faut qu'elle soit tendre. Hervé This explique le processus de cuisson de la viande et vante les mérites de la cuisson basse température. Il explique qu'attendrir une viande, c'est dissoudre le collagène contenu dans les fibres musculaires. Cette dissolution se fait dès 55°C, mais elle est très lente. Une cuisson à faible température, donc lente, est idéale pour obtenir une viande d'une meilleure qualité organoleptique. Evidemment, cuire une viande à 55°C n'est pas pensable en raison de la prolifération des microorganismes à cette température. L'utilisation d'un ustensile en fonte sur un feu classique permet la cuisson à une température à la fois suffisamment basse pour permettre une cuisson « mijotée » et suffisamment élevée pour éviter tout risque microbiologique (THIS, 2003).

La viande n'est pas la seule concernée par la cuisson lente. La préparation de bouillons qui est une opération techniquement et chimiquement complexe, la cuisson des légumes, des pâtisseries, les œufs sont autant d'exemples qui, cuits lentement à basse température, sont bien meilleurs [10].

## **1.3 L'aluminium**

Ce matériau présente des propriétés intéressantes comme la protection contre la lumière, les ultraviolets et l'humidité. Il constitue aussi une barrière fiable contre l'oxygène et les micro-organismes. De plus, l'aluminium possède une excellente conductivité thermique et, de ce fait, a un très bon rendement énergétique pour préparer et servir la nourriture. Il assure une bonne diffusion de la chaleur, rapide et uniforme. Ceci permet une cuisson régulière des produits dans tout le récipient. Enfin, l'aluminium ne demande pas beaucoup d'entretien et il est trois fois moins lourd que l'acier ce qui permet de réduire les coûts de transport.

Il est utilisé pour la protection, le stockage et la préparation des aliments et des boissons.

L'aluminium, utilisé seul, tend à disparaître. C'est une matière qui n'est pas suffisamment en accord avec les contraintes d'hygiène alimentaire. Il y a trop de risques à l'utiliser et finalement, c'est un matériau qui est trop déformable en cuisine. Il se dégrade rapidement et on ne l'utilise pratiquement plus (CSAA, 1998 et [11]).

### **Les alliages d'aluminium**

Les alliages utilisés se rangent en trois catégories, en fonction de leur composition :

- ceux contenant de l'aluminium et du manganèse
- ceux contenant de l'aluminium et du magnésium
- ceux contenant de l'aluminium, du magnésium et du manganèse

Les bandes d'alliages d'aluminium pour emballages rigides reçoivent de manière systématique un traitement de surface de type chimique ou électrochimique qui favorise l'adhérence des vernis et la résistance à la corrosion. Les alliages d'aluminium peuvent être recouverts par un revêtement organique qui a un rôle de protection (par exemple le téflon, matière plastique).

En agroalimentaire, ils sont utilisés en tant qu'emballage : boîtes de conserve, boîtes à boisson, capsules, opercules et films aluminium recouvrant certains produits. On les retrouve également dans les ustensiles de cuisine : poêles ou casseroles.

## **1.4 Le cuivre**

Il est souvent utilisé pour les ustensiles de cuisson car il est un excellent conducteur de chaleur. Cette propriété est mise à profit pour chauffer ou refroidir rapidement un liquide ou un gaz. Cependant, le cuivre ne doit pas être, dans la plupart des cas en contact direct avec les préparations culinaires. Par conséquent, il est associé à un autre métal, le plus souvent de l'étain. Le cuivre et ses alliages ne sont pas attaqués par l'eau ni par un grand nombre de produits chimiques. On met cette propriété à profit pour faire des tuyaux en cuivre ou des récipients et conteneurs pour de nombreuses industries. Sa corrosion par l'air reste très superficielle car il se couvre d'une couche protectrice de carbonate basique, appelée « vert-de-gris », considérée longtemps comme nocive pour l'homme et qui donne un goût désagréable aux préparations. Le cuivre s'oxyde en effet à froid mais seulement au contact d'acides. Par exemple, le vinaigre et les corps gras peuvent donner des sels toxiques ; il faut donc en tenir compte lors de la préparation des plats. Enfin, le cuivre a des propriétés bactériostatiques reconnues. En effet, il inhibe le développement d'un certain nombre de parasites infectieux, d'algues, de bactéries (Légionelle) et assainit les canalisations qui sont utilisées dans le monde entier pour la distribution de l'eau, la fabrication de la bière, et la distillation des alcools (CICLA, 1992).

Ces constatations ont été vérifiées dernièrement lors de deux études, celle du " Public Health Laboratory Service " de 1994 et celle du groupe de travail suédois sur l'environnement publiée en 1999. Ces deux études montrent que le nombre de bactéries diminue de façon significative avec l'utilisation du cuivre, alors qu'il stagne ou croît avec d'autres matériaux.

Le cuivre est aujourd'hui très utilisé pour la fabrication de nombreux fromages. Pour le

beaufort, le lait caillé est chauffé à une température comprise entre 53 et 56°C dans une cuve en cuivre. L'intérêt d'un tel matériau est multiple : tout d'abord parce que dans une cuve en inox le lait caillé accroche et modifie le goût du fromage, ensuite, parce que les propriétés bactériostatiques de ce métal sont très intéressantes pour la qualité sanitaire des produits de la filière et enfin car le cuivre a un rôle dans la fermentation propionique (responsable de la formation des « trous » dans l'emmental, caractéristique sensorielle essentielle de ce fromage ) et dans la destruction de l'acide ascorbique (conséquence nutritionnelle).

Le cuivre a toujours été considéré comme le matériau idéal pour la cuisson du sucre et plus particulièrement la cuisson des confitures. Pourquoi le cuivre est-il conseillé ? Existe-t-il une réelle différence avec d'autres matériaux ? Ce sont également des questions auxquelles Hervé This tente de répondre. Les résultats obtenus montrent que :

- Le cuivre permet une élévation de température et une cuisson plus homogène du sucre
- Il renforce les gels de pectine en provoquant la liaison des pectines
- Il n'existe pas d'effet chimique du cuivre sur la cuisson : les effets sur le sucre seraient uniquement dus aux propriétés de conduction de la chaleur. En effet, il n'existe pas de différence entre une casserole recouverte d'inox et une casserole massive en cuivre
- Il est également conseillé de ne jamais utiliser d'ustensiles en fer pour remuer le sucre ou la confiture. En effet, les études montrent que le fer noircit le sucre
- Légèrement évasée, la forme de la marmite à confiture a aussi un rôle important car elle facilite l'évaporation de l'eau contenue dans les fruits
- En revanche, l'ajout de sel de cuivre modifie la couleur des confitures. En effet, les anthocyanes, molécules responsables de la couleur de nombreux fruits (essentiellement les fruits rouges), se complexent avec les ions métalliques ce qui change l'absorption de la lumière et par conséquent leur couleur. L'oxyde de fer quant à lui noircit les fruits.

On comprend donc ainsi certains conseils empiriques de nos grands-mères. Un ensemble d'effets font que la marmite à confiture donne bien de meilleures confitures ! (THIS, 2002)

Absorbé en petites quantités, le cuivre est bon pour la santé. Toutefois, il peut être dangereux d'en absorber de grandes quantités en un seul coup ou sur une courte période. Les quantités qui peuvent être tolérées chaque jour ne sont pas connues de façon précise. Comme mesure de précaution, on recouvre les ustensiles de cuisson en cuivre d'un autre métal, ce qui empêche le cuivre d'entrer en contact avec les aliments. De faibles quantités du métal peuvent être dissoutes par l'aliment, en particulier s'il s'agit d'un aliment acide qui a cuit ou séjourné longtemps dans le récipient. D'ailleurs un des conseils de nos grands-mères est de ne pas laisser reposer la confiture dans son récipient de cuisson (en cuivre !). Le nickel et l'étain sont les métaux les plus utilisés comme revêtement, Hervé This précise alors que les fruits rouges ne doivent pas être cuits dans du cuivre étamé (THIS, 2002)

## **2. Matériaux minéraux**

Les matériaux minéraux sont souvent fabriqués à base d'argiles, ce sont les verres, les céramiques et les roches.

### **2.1 Le verre**

Le matériau « verre » et l'usage de récipients en verre sont très anciens. Déjà, au 8<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ, les Égyptiens utilisaient l'argile.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, apparaît la première bouteille en verre. Celle-ci sera utile dès la découverte du champagne, qui, pour sa conservation, nécessite un matériau résistant et étanche.

Le verre se compose de silice (en général 70% du verre) et de fondants ou de stabilisants. La silice augmente la résistance du verre, les fondants (oxyde de sodium, de magnésium, de potassium et d'aluminium) abaissent la température de fusion et les stabilisants modifient les propriétés physiques : augmentation de la résistance mécanique du verre, de sa dureté et de sa brillance mais diminution de sa solubilité. Les stabilisants sont l'oxyde de calcium, de zinc, de fer, de cadmium et de plomb (pour le cristal seulement) (MULTON, BUREAU et al, 1998).

Le verre possède des propriétés d'inertie élevées, c'est une vraie barrière pour l'aliment. Il ne laisse pas passer les odeurs et les arômes donc les qualités organoleptiques de l'aliment ne sont pas modifiées. Il est imperméable aux gaz et résiste aux pressions internes élevées ce qui permet de l'utiliser pour emballer des boissons telles que le champagne, le cidre ou encore l'eau Perrier®.

Le verre présente une bonne résistance thermique que ce soit à des températures très élevées ou très basses ; en revanche, c'est un mauvais conducteur de chaleur et il ne résiste pas aux chocs thermiques brusques (MULTON, BUREAU et al, 1998 et VOIROL, 1994).

Il a une bonne résistance mécanique (chocs sur chaîne de conditionnement, stockage, charge verticale...) même si les risques de cassure existent et sont dangereux (risques de blessures).

De plus, ce matériau ne peut ni fixer ni favoriser le développement de bactéries, il est imputrescible et se nettoie très bien. Son nettoyage facile permet la réutilisation des emballages en verre en industrie et chez le consommateur (verre à moutarde, pots de confitures...).

Il a aussi une bonne résistance chimique : le verre est réputé inaltérable si le pH du produit est compris entre 3 et 9 ; la plus part des aliments ont des pH compris dans cette fourchette. Pour des pH plus acides, il existe de faibles échanges à la surface du verre, entre les ions H<sup>+</sup> de la solution et les ions Na<sup>+</sup> du verre. Réglementairement, la résistance chimique est très contrôlée (MOSSE, 1997 et REQUENA, 1998).

En ce qui concerne la migration du verre avec les produits alimentaires, elle est nulle ou négligeable. Les liquides sont plus sensibles : il y a possibilité d'une faible migration des ions hydrogène, sodium, cadmium, plomb dans le liquide. La loi impose des limites pour la migration du plomb et du cadmium (arrêté du 7 nov. 1985).

Le verre laisse passer les micro-ondes, on peut donc utiliser les ustensiles en verre dans un four classique ou dans un four à micro-ondes. Cela permet au consommateur de réchauffer ses plats. Concernant la couleur du verre, il est soit transparent et le consommateur peut voir le contenu, soit coloré et ne laisse pas passer la lumière pour une meilleure conservation des propriétés nutritionnelles des aliments. Pour les verres non colorés, il existe des risques d'oxydation du produit à la lumière et donc des modifications des couleurs et des qualités nutritionnelles des aliments.

En terme d'écologie, même si le coût d'achat reste élevé, le verre est économique puisqu'il est infiniment recyclable. C'est le seul matériau qui permet de refaire le même article avec l'article recyclé (1 bouteille recyclé = 1 bouteille re-fabriquée !) (MULTON, BUREAU et al, 1998).

Un autre inconvénient du verre est son poids. Cela représente un problème pour les transports industriels et ménagers.

Le verre, avec ses avantages et ses inconvénients peut donc être utilisé pour tous les produits alimentaires qu'ils soient liquides, solides, pâteux ou en poudre.

On ne traitera pas le verre vitrocéramique (composition et caractéristiques analogues à celles du verre et des céramiques) car il n'est pas en contact direct avec les aliments ; en effet, il est essentiellement utilisé pour les plaques chauffantes.

## **2.2 Le pyrex**

Le pyrex se compose principalement de silice (80%) et de bore (12,5%). Cette composition lui permet de résister à de très hautes températures (supérieure à 300°C) et d'être utilisé pour les ustensiles de cuisson tels que les plats à gratin. Il offre également une grande facilité de nettoyage et donc une parfaite garantie d'hygiène.

## **2.3 Les céramiques**

Le mot céramique vient du grec keramos qui veut dire argile. La céramique est un matériau inorganique, de composition voisine de celle du verre. Leur différence relève essentiellement de leur traitement : la céramique est mise en forme puis cuite, alors que le verre est formé après fusion.

Les céramiques sont des matériaux en général durs et résistants avec une conductivité thermique faible (exception à - 273°C où les céramiques deviennent des supraconducteurs) ; elles sont sensibles aux chocs thermiques. Elles répondent aux critères d'inertie fixés par la réglementation et la migration entre l'aliment et ce matériau est très faible voir inexistante [12 et 13].

Il existe différentes sortes de céramiques utilisées pour la cuisson, la préparation, la conservation ou encore le service à table :

**Faïence** : céramique blanche, non translucide, peu résistante, cuite à environ 1150°. Sa composition est essentiellement à base d'argiles auxquelles s'additionnent du feldspath et du quartz. C'est un produit poreux qui nécessite d'être émaillé pour être imperméable.

**Porcelaine** : céramique très blanche, résistante et translucide, cuite autour de 1400°C, utilisée pour la vaisselle. Elle est composée essentiellement de kaolin auquel s'ajoutent du feldspath et du quartz.

**Grès** : céramique utilisée pour les carrelages, la vaisselle et le sanitaire. Ce produit se situe entre la porcelaine et la faïence. Résistant et poreux.

**Terre cuite** : céramique cuite et poreuse. Elle est utilisée traditionnellement pour les fours à pain ou à pizza. Comme la fonte, c'est un matériau recommandé pour les cuissons lentes (elle transmet et accumule bien la chaleur) ou au four et elle n'interagit pas avec les aliments.

**Feldspath** : minéral naturel utilisé pour la vitrification des pâtes céramiques (fabrication de la porcelaine et de la faïence).

**Quartz** : Forme cristalline de la silice (dioxyde de silicium = SiO<sub>2</sub>)

Pour la cuisson, on utilise des pots, marmites, plats, fait-tout, poêlon. Ces plats pour cuire peuvent être directement mis sur les braises, sur le feu ou dans un four.

Pour la préparation des aliments, il existe des mortiers, jattes, terrines, tamis, passoires et des faisselles (mise en forme des fromages).

Enfin, pour la conservation ou l'emballage, il existe des céramiques de transport ou amphores. Celles-ci ont été utilisées du 2<sup>e</sup> siècle jusqu'à la fin de l'antiquité ; ce sont des grands vases (ou cruche) à embouchure étroite qui servaient à transporter et conserver le vin, l'huile et plus rarement les aliments solides. Excepté les sacs qui servaient à transporter les céréales, les amphores constituaient le grand emballage antique qui correspondrait aujourd'hui à nos bouteilles, bocaux, conserves... Sa forme permettait de reconnaître immédiatement sa provenance et son contenu ; pour compléter ces informations un timbre imprimé sur l'anse en donnait la provenance exacte, la date, le nom du fabricant... [14 et 15]

Aujourd'hui, on trouve des yaourts ou des fromages emballés dans des céramiques ; l'utilité est plutôt symbolique et synonyme de tradition.

## **2.4 La pierre**

Il existe plusieurs types de pierre : four à pierre pour cuisson des pizzas essentiellement ou pierre de lave pour « pierrade ».

La pierre de lave est une matière inerte qui ne dégage pas de substances nocives, elle ne produit pas de fumée ni de vapeur. Cette pierre a une haute conductivité thermique et se réchauffe très rapidement, elle a une inertie thermique qui lui permet de continuer à cuire 30 minutes environ après avoir éteint la source de chaleur. Grâce à cette propriété, elle est indiquée pour la cuisson des aliments au centre de la table tels que les viandes, les poissons ou encore les légumes. Les aliments sont saisis rapidement. Elle est enfin très résistante aux écarts de température et ne présente pas de risque de

cassure, à l'inverse d'autres pierres naturelles [16].

## **2.5 Les briques réfractaires**

La brique réfractaire a la propriété de supporter de très hautes températures (sans se fissurer). Elle emmagasine rapidement la chaleur qu'elle restitue ensuite pour la cuisson des aliments. Elle peut se présenter sous plusieurs formes et avec un taux d'alumine plus ou moins élevé. C'est ce taux qui fait leur qualité. Elles sont utilisées pour les fours à pizza et à pain.

L'usage du four dans la préparation d'aliments est ancien. Son utilisation remonterait à la naissance du pain. La structure des fours à bois a peu évolué. Souvent le four est constitué de deux cavités : dans la première se trouve le bois et dans la deuxième se trouve l'aliment. La chaleur est transmise par les parois en contact avec le foyer. Les fours ont parfois une seule cavité : le foyer est réalisé à la place de l'aliment. Une fois que la chaleur s'est emmagasinée dans les briques, on écarte les braises pour laisser la place à l'aliment à cuire. La brique réfractaire permet de rendre le four plus efficace sur le plan énergétique. La diffusion de la chaleur est régulière ce qui permet de limiter les variations de température.

Les qualités sensorielles apportées par ce type de cuisson tiennent avant tout à l'environnement de cuisson qu'au contact direct entre l'aliment et le matériau de cuisson. Pour le four à bois, le fumé de l'aliment est l'une des principales modifications organoleptiques recherchées. La diffusion de la chaleur et la température de cuisson sont également importantes dans ce procédé de cuisson. La température atteint parfois 260°C, ce qui donne un croustade très rapide des produits. Cette méthode largement reconnue chez les boulangers, apporte également en charcuterie et dans la cuisson des viandes, une saveur gustative très appréciée [17].

## **3. Matériaux organiques**

Parmi les matériaux organiques on trouve les plastiques, le bois, les papiers et les cartons, le cuir ou encore les boyaux naturels.

### **3.1. Les plastiques**

Ce thème est traité sous l'angle des matériaux plastiques entrant dans la composition des emballages plastiques. En effet, en agroalimentaire, les matériaux plastiques sont utilisés seulement dans le cadre des emballages. Grâce à leur diversité, leur adaptabilité, ils répondent à la fois aux exigences d'hygiène, de sécurité du consommateur et s'inscrivent dans l'évolution des modes de consommation.

Il existe deux types de matériaux plastiques : matériaux de structure et matériaux barrières. Tous deux ont une origine artificielle fondée sur l'emploi de polymères [18]. Les premiers offrent des propriétés d'imperméabilité et d'innocuité, qu'ils soient utilisés en mono ou multicouches. Les seconds ont des propriétés de résistance à l'oxygène de l'air et aux odeurs ; ils sont utilisés pour des aliments

sensibles. Les matériaux barrières sont employés uniquement dans des emballages multicouches et généralement, en association avec des matériaux de structure (MULTON, BUREAU et Al, 1998).

### **3.3.1 Les matériaux de structure et leurs associations**

#### **Polyéthylène haute densité (PEhd)**

Le PEhd reste le matériau de prédilection pour l'extrusion-soufflage de corps creux : flacons, bouteilles, fûts. En France, il a fait une percée remarquable dans deux secteurs où la brique carton a des positions dominantes : le lait et les jus de fruits. En effet la liberté des formes, des couleurs et la praticité des bouteilles plastiques a renouvelé le marketing de ces produits. De plus, ce matériau a l'avantage d'être imperméable aux odeurs, conservant ainsi les qualités gustatives de l'aliment. Enfin, il présente une bonne résistance mécanique.

Pour le marché du lait, la part du PEhd dépasse aujourd'hui les 15%. Le lait longue conservation est conditionné dans des bouteilles multicouches de PE blanc/PE noir/PE blanc développées pour éviter l'altération du lait par la lumière ambiante.

Pour les jus de fruits la pénétration est encore modeste. On trouve des bouteilles PEhd translucides monocouches qui servent essentiellement à l'emballage des jus de fruits à durée de vie courte (jus de fruits frais) et des bouteilles multicouches PEhd/liant/matériau barrière/liant/PEhd utilisées pour des produits à durée de vie plus longue (jus de fruits en conserve).

Enfin, on trouve aussi de l'huile de table conditionnée en bouteilles PEhd opaques. L'intérêt d'un tel emballage pour la qualité nutritionnelle et gustative des huiles a été démontré plus haut.

#### **Polyéthylène basse densité (PEbd)**

Ce matériau domine très largement l'emballage souple dans toutes les formes de films (épaisseur inférieure à 250 $\mu$ ) où il apporte son excellente imperméabilité à l'humidité et aux odeurs. Ces caractéristiques sont mises à profit dans les emballages rigides tels que les barquettes, les pots thermoformés multicouches (PEhd), certains types de bouchon et les briques pour liquides alimentaires. Celles-ci, avec leur structure type PE/carton/PE/Alu/PE, ont connu un grand succès avec le conditionnement du lait et des boissons à base de fruits. En France 85% du lait est vendu dans ce conditionnement.

#### **Polytétrafluoroéthylène (PTFE)**

Commercialement, il est appelé « teflon » en référence à la marque. Il est composé de carbone et de fluor. Ce dernier, lorsqu'il est à l'intérieur d'un composé, repousse toutes les molécules environnantes ; cela explique que rien n'adhère au PTFE. Ce plastique est donc utilisé comme recouvrement anti-adhésif des poêles en aluminium. On obtient un revêtement antiadhérent et on parle de poêles antiadhésives. Ce matériau permet une cuisson sans matières grasses.

#### **Polyéthylènetéréphtalate (PET)**

Le PET présente des propriétés de transparence, de brillance, de résistance aux chocs. Il résiste aux pressions internes et est imperméable aux gaz.

Le PET est utilisé dans la réalisation de bouteilles et flacons pour le conditionnement des boissons gazeuses, les eaux minérales et les huiles alimentaires.

Ainsi, une boisson gazeuse pourra conserver son gaz sur une longue période. On comprend donc bien son intérêt pour la conservation des propriétés organoleptiques de tels produits.

### **Polypropylène (PP)**

Ce matériau présente un rapport performances/prix avantageux, une bonne rigidité, il est transparent, s'adapte à tous les procédés de transformation (stérilisation, thermoformage et injection soufflage) et résiste aux micro-ondes. Il a aussi une bonne inertie chimique.

Le Polypropylène présente également une excellente résistance à la fissuration en présence de corps gras. Aujourd'hui par exemple les barquettes et les couvercles clipsables pour beurre ou margarine sont presque tous en PP.

Pour les mayonnaises ou ketchup en flacons souples (une simple pression libère la dose) il faut une excellente barrière à l'oxygène qui nécessite l'emploi d'Éthylène Alcool Vinylique (EVOH) dans une structure multicouche de type PP/liant/EVOH/liant/PP. L'EVOH est un matériau barrière, ses propriétés sont décrites dans la partie suivante.

### **Polyamides (PA)**

Il résiste aux chocs et aux écarts de température (-50°C à + 170°C). Ce matériau est utilisé pour les produits de charcuterie ou les fromages type emmental, emballés sous vide ou sous atmosphère contrôlée. Pour les aliments cuits comme les betteraves ou les pommes de terre, on préfère les combinaisons PA/PP qui résistent aux températures de stérilisation.

### **Polystyrènes compacts (PS)**

Le PS compact existe principalement sous deux formes : le PS cristal, homogène naturellement transparent et rigide et le PS « choc », homopolymère dopé par un élastomère, en général, le polybutadiène.

Malgré la percée du PP dans les pots individuels, le PS domine encore largement dans le conditionnement des produits laitiers frais, comme les yaourts, desserts lactés, fromages blancs. Il est d'ailleurs le seul matériau utilisé dans la technique dite de Form Fill Seal (FFS) qui consiste à enchaîner sur une même ligne de production, le thermoformage, le remplissage et la fermeture par scellage.

Les pots de yaourts PS fabriqués par FFS sont ensuite vendus en linéaire par lots de 4, 6, ou 8 pots prédécoupés. Le consommateur peut alors facilement séparer les pots par pliage : on parle alors de sécabilité du polystyrène qui explique pour partie son grand succès.

Pour les produits sensibles à l'oxygène ou à durée de vie longue, on doit mettre en œuvre des structures multicouches du type PS/EVOH/PE. C'est le cas de la viande ou de la charcuterie conditionnée en atmosphère modifiée, ou encore des compotes de fruits.

### **Polystyrène expansé (PSE)**

Bien que de nature chimique tout à fait équivalente au PS compact, il utilise un procédé spécifique de fabrication. Le produit est livré sous forme de petites billes contenant du pentane. Celles-ci sont mises dans un moule et sous l'effet de la chaleur gonflent jusqu'au remplissage complet du moule. La forme ainsi obtenue a un aspect visuel très reconnaissable et une excellente isolation thermique.

Ces propriétés sont mises à profit dans l'emballage, principalement pour les steaks hachés et les caisses de transport de poissons frais en présence de glace.

Pour augmenter la durée de vie des produits, on développe actuellement des barquettes PSE pelliaplauées. Le pelliaplauage consiste à déposer une pellicule plastique (souvent film plastique à base de polyoléfine et d'EVOH) sur un produit ou un lot de produits se trouvant sur une plaque de carton. Le film plastique est plaqué sur le carton et épouse la forme du produit. Il ne s'agit pas à part entière d'une technique d'emballage mais plutôt d'un système permettant de fermer hermétiquement un emballage.

### **Polystyrène « direct gazing »**

Un développement tout à fait original du polystyrène est la barquette expansée pour les viandes, les volailles, les poissons... C'est un matériau léger, thermoformable et qui est adapté aux nouvelles techniques de conditionnement permettant une plus longue conservation des produits. C'est en effet, un produit qui assure un maintien de la qualité sanitaire du produit en offrant une isolation thermique qui permet de respecter la chaîne du froid.

### **Chlorure de polyvinyle (PVC)**

Ce matériau présente des avantages tels que la transparence et la rigidité. Il est aussi une excellente barrière aux gaz et aux arômes alimentaires.

Le PVC est utilisé pour la réalisation de barquettes, de boîtes, de bouteilles et de films.

Les barquettes tout PVC sont utilisées pour les plats cuisinés, produits traiteurs, salades, fruits ou légumes et les barquettes PVC/PE, avec conditionnement sous atmosphère contrôlée, pour les charcuteries ou les pâtes fraîches. Les boîtes sont employées essentiellement pour l'emballage des pâtisseries. Le grand succès du PVC en France reste le conditionnement des eaux minérales ou de source en bouteilles de 1,5 litre. Au-delà du domaine des eaux, les bouteilles PVC sont aussi utilisées pour l'emballage de différentes denrées telles que les boissons non gazeuses aux fruits, l'huile de table, le vinaigre ou encore le vin de consommation courante.

Les films étirables de PVC sont associés aux barquettes polystyrène et enveloppent l'aliment.

#### **3.3.2 Les matériaux dits barrière**

Ces matériaux présentent une très faible perméabilité à l'oxygène, au gaz carbonique et aussi à des molécules plus lourdes comme les arômes des aliments.

La tendance actuelle d'augmentation de la durée de vie des produits favorise de plus en plus leur utilisation. Cependant, ils sont chers et les industriels ne peuvent pas se permettre de les utiliser seuls ; on les associe alors aux matériaux de structure.

## Copolymère d'éthylène alcool vinylique (EVOH)

C'est aujourd'hui le matériau le plus utilisé dans l'emballage rigide alimentaire. Il peut être utilisé avec des matériaux de structure comme le polyéthylène, polypropylène, ou polystyrène.

Ce copolymère présente une excellente imperméabilité à l'oxygène, au gaz carbonique et aux arômes, à condition de le protéger de l'influence de l'humidité qui fait chuter fortement ses performances. Pour palier cet inconvénient, il est souvent pris en sandwich dans des structures multicouches à base de polyoléfines PE ou PP peu sensibles à l'humidité. Il est utilisé pour les emballages des compotes, jus de fruits, fromages, sauces, crèmes et yaourts, mayonnaise, sauce tomate...

## Chlorure de polyvinylidène (PVDC)

Il s'agit de la famille de matériaux barrières la plus couramment utilisée dans les films souples. Elle est constituée de copolymères de chlorure de vinylidène.

Ces copolymères semi-cristallins se présentent sous des formes diverses : latex, solution, solide (MULTON, BUREAU et al, 1998).

### 3.2. Le bois

Interdit pour les bouchers et en restauration collective, souvent critiqué par des études scientifiques au sujet de la sécurité sanitaire, le bois en tant que matériau au contact alimentaire souffre aujourd'hui d'une mauvaise réputation. Pourtant on connaît aujourd'hui son intérêt dans de nombreuses filières comme le vin, la bière ou le fromage où il joue un rôle important dans la qualité sensorielle et sanitaire de ces produits.

La norme NF B 50-003 définit le bois comme un "ensemble de tissus résistants secondaires qui forment les troncs, branches et racines des plantes ligneuses. Le bois est issu du fonctionnement du cambium périphérique et est situé entre celui-ci et la moelle.

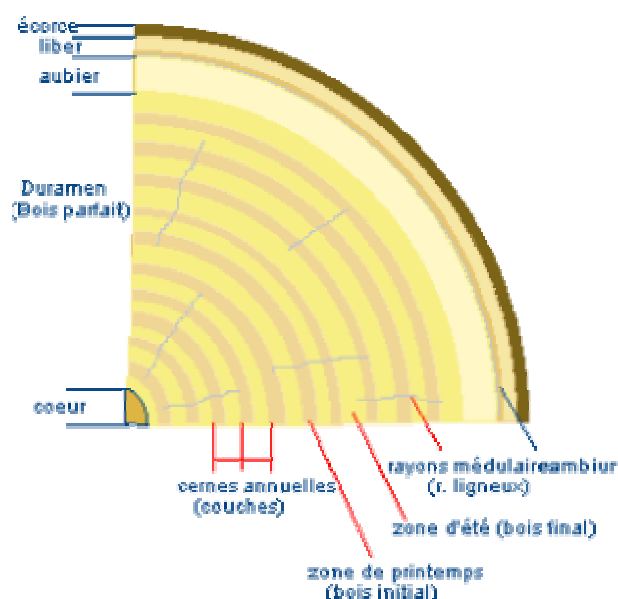


Schéma 6 : Une coupe de bois

Le bois présente les propriétés suivantes :

- **la densité** : c'est l'indice de la dureté du bois. Si elle est supérieure à 1, le bois "coule", si elle est inférieure à 1, il flotte. Les densités courantes sont moyennes, s'échelonnant de 0,4 à 0,8 (épicéa, sapin, hêtre). De cette densité dépend la dureté et la porosité du bois. La dureté est en relation avec la densité, la composition chimique et l'humidité.

- **l'humidité** : l'eau, élément indispensable à la croissance des végétaux, est très présente dans le bois. La quantité d'eau présente dans l'arbre varie avec l'essence, la zone considérée (aubier ou duramen) et l'humidité de l'environnement. Au cours du séchage et en dessous d'un certain seuil d'humidité, le bois diminue de volume, c'est le retrait. A l'inverse, un bois sec gonfle lorsqu'il s'humidifie. Comme le bois est en équilibre avec l'humidité atmosphérique ambiante, il peut subir des variations de dimensions lorsque celle-ci varie. On dit qu'il *travaille*.

Le bois est un matériau hygroscopique : il peut fixer ou libérer des molécules d'eau gazeuse en fonction du degré d'hygrométrie de l'air dans lequel il se trouve.

- **propriétés isolantes** : le bois sec est un mauvais conducteur de chaleur et donc un très bon isolant. Cela résulte de sa structure cellulaire qui permet de stocker de petits volumes

S'il est bien sec, le bois est également mauvais conducteur d'électricité.

- **propriétés mécaniques** : par rapport à l'acier qui résiste bien aux efforts en tous sens (*isotrope*), le bois est *anisotrope*, c'est à dire qu'il se comporte différemment dans les trois directions *axiale*, *radiale* et *tangentielle*.

- **autres propriétés** : le bois est un matériau hétérogène, qui présente des caractéristiques irrégulières. Au-delà de ses propriétés physiques et chimiques très importantes pour son utilisation dans la construction, le bois a une couleur, une odeur et des dessins dus à son origine naturelle (TROUY-TRIBOULOT et TRIBOULOT, 2001).

Le bois est perçu comme un matériau noble, naturel, chaud, convivial et agréable au toucher et au sentir. Les consommateurs l'apprécient car il est aussi écologique et vivant.

Les différentes utilisations du bois :

La structure poreuse, fragile et facilement fissurable du bois en fait un matériau dont les qualités hygiéniques sont difficiles à garantir.

Dans le contexte actuel où les précautions de sécurité et de qualité sont toujours croissantes, le bois est souvent retiré des matériaux pouvant entrer en contact avec les aliments. Cependant, les résultats des études scientifiques menées sur la qualité sanitaire du bois sont pour le moins contradictoires et le bois est toujours utilisé dans certaines filières.

### **l'élevage du vin**

L'élevage du vin correspond à la période comprise entre la fin de la vinification, c'est-à-dire la fin de la fermentation et la mise en bouteille. Sa durée peut-être très variable selon l'origine, la nature et la qualité du vin. Le vin va subir plusieurs étapes ayant pour but de le bonifier : soutirage,

clarification, maturation en fût (RIBERAU-GAYON, 2004).

La maturation en fût ne s'applique pas à tous les vins. Les vins rouges « tanniques » constituent l'essentiel des vins de garde ou de longue garde : ils se bonifient au cours des années en restant en fût. Outre l'évolution propre au vin, les échanges avec le bois du fût et la régulation de l'oxydation au travers des parois, jouent un rôle important dans cette bonification.

Les effets de ces échanges au niveau de la qualité sont multiples. Le premier intérêt concerne l'arôme du vin. Celui-ci acquiert une complexité aromatique liée aux substances du bois qui se transmettent au vin. On parle alors d'arôme boisé, mais aussi d'arômes plus étranges comme la vanille, la noix de coco, le café ou le chocolat.

Les deux autres effets concernent l'aspect visuel du vin. En effet, l'élevage en fût permet une meilleure limpidité et en modifie la couleur.

De récentes études montrent également les effets que cette pratique peut avoir sur la santé. Le vin en contact avec le bois s'enrichit en un polyphénol actif contre les tumeurs [19].

Les principaux mécanismes à l'origine de ces modifications sont :

- les échanges d'oxygène à travers le bois et l'oxydoréduction
- la dissolution des constituants volatils du bois
- la dissolution des composés non volatils du bois

De nombreuses recherches ont été menées sur le sujet des interactions entre le bois et le vin ; elle concernaient les composés libérés par le bois. Si le bois libère, il absorbe également. L'absorption par le bois de certains composés est aussi un processus offrant une bonification du vin tant sur sa qualité aromatique que sur son aspect visuel (RIBERAU-GAYON P, 2004).

### **Le bois et la viande :**

De nombreuses études ont démontré que le fait de bannir le bois n'était pas forcément une bonne chose dans l'industrie de la viande.

Par comparaison au plastique, le bois présente de nombreux avantages de qualité et de sécurité.

D'après certaines recherches, le bois serait plus sain et plus facile à nettoyer que le plastique. Le plastique est certes plus facile d'entretien à l'état neuf, mais il se détériore rapidement à l'usage. Il présente donc aussi des risques de contamination des viandes entrant en contact. Pour certains auteurs, les bactéries inoculées sur le plastique sont récupérées en plus grand nombre que sur le bois, que ce soit avant ou après nettoyage. Enfin, d'autres études n'ont pas démontré de différence entre ces deux matériaux (BOURION, 2000).

L'arrêté du 17 mars 1992 sur les conditions sanitaires des abattoirs des animaux de boucherie indique que "L'emploi du bois est interdit, sauf dans les locaux où se trouvent des viandes fraîches emballées de manière hygiénique."

## **Le bois et le fromage :**

Le bois peut avoir plusieurs intérêts pour la qualité du fromage. Il joue un rôle dans la maturation du lait lors de la fabrication où il serait un facteur de sécurité sanitaire, dans l'affinage du fromage grâce à ses propriétés hygroscopiques et à l'apport d'arômes, et dans sa conservation grâce à des emballages.

### L'emballage

En 1890, l'ingénieur Ridel invente la fameuse boîte ronde à camembert en peuplier déroulé. Grâce à cet emballage en bois, le fromage peut respirer. Il lui devient alors possible de faire des trajets plus longs et de parcourir le monde.

### L'affinage du fromage sur planche de bois

Les supports d'affinage en bois constituent un matériau largement utilisé pour l'affinage des fromages tels que le Comté, le Beaufort, le Munster, l'Emmental affinage de tradition, le Reblochon, le Cantal, la Raclette, les Bleus etc.

Cette pratique est justifiée par les propriétés mécaniques du bois et sa capacité hydrique régulatrice adaptée aux conditions d'affinage des fromages (pertes d'humidité réduites, croustade de meilleure présentation et qualité organoleptique améliorée).

## **Les emballages en bois :**

L'emballage en bois se décline en familles bien distinctes :

On distingue trois types d'emballages : « léger », « de bonification » et « lourd ». Le bois est considéré comme « **léger** » lorsqu'il s'agit des produits agroalimentaires (cagettes, cageots, caissettes, bourriches, boîtes à fromage...), « **lourd** » lorsque l'on évoque les palettes, caisses-palettes et caisses, « **de bonification** » pour tous les récipients de tonnellerie (tonneaux, fûts, barriques...) [20].

Les emballages en bois sont peu employés comme emballage primaire\* pour les denrées alimentaires. Ainsi, ils sont peu concernés par le contact alimentaire direct. Ce sont surtout les fruits et légumes et les produits ostréicoles qui sont conditionnés dans des emballages en bois.

A ce jour, il n'existe pas encore de réglementation concernant les emballages en bois pour le contact alimentaire. En revanche, les réglementations générales concernant les matériaux aptes au contact alimentaire s'appliquent au bois (ex : respect des critères d'inertie du bois en contact alimentaire).

### **3.3. Les papiers et les cartons**

Les papiers-cartons sont très souvent utilisés pour l'emballage et le conditionnement des produits alimentaires. Ils permettent de concilier deux impératifs : renforcement de l'attractivité du produit et réduction des déchets grâce au recyclage.

On y distingue les papiers, les cartons plats et les cartons ondulés. Ces derniers ne seront pas traités car ils ne sont pas en contact direct avec les aliments, ils servent pour les emballages industriels, de transport ou de présentation.

#### **Qu'est-ce qu'un matériau papier-carton destiné au contact alimentaire ?**

Il s'agit d'un matériau destiné à entrer en contact direct (pour les emballages primaires) avec un ou plusieurs types d'aliments : secs, surgelés, humides, gras... Ces matériaux doivent être inertes à l'égard des aliments et doivent respecter les critères réglementaires.

Les papiers-cartons sont fabriqués à partir du bois et des fibres cellulosiques de récupération. On obtient tout d'abord de la pâte à papier qui doit être blanchie puis, du papier ou des cartons.

Pour les papiers, lors de la fabrication, on peut ajouter des résines de synthèse (exemple des anhydrides d'acides gras) qui améliorent la résistance du papier à l'eau et à l'humidité. De plus, pour donner au papier sulfurisé un aspect translucide et surtout une bonne imperméabilité aux graisses, on peut le plonger dans de l'acide sulfurique puis le rincer à l'eau ammoniacale.

Un carton n'est en fait qu'une association de plusieurs feuilles de papier assemblées à l'état humide, pressées puis séchées. On peut donc assembler des papiers de composition différente et fabriquer des cartons avec des propriétés bien spécifiques.

Les papiers-cartons sont peu onéreux, légers et souples. De plus, ils ont une faible conductivité thermique ce qui leur permet de garder la chaleur (utilité pour le transport des pizzas à domicile par exemple). Ils sont opaques, ce qui empêche le passage de la lumière pour une meilleure conservation des qualités nutritionnelles des aliments. Enfin, ils sont biodégradables et recyclables, ce qui est bénéfique pour l'environnement. En revanche, ils sont sensibles à l'humidité, ce qui réduit la durée de conservation du produit, aux gaz et leur résistance mécanique est limitée [21].

Les papiers-cartons sont utilisés pour de très nombreux produits alimentaires : cartons des fruits et légumes, œufs, produits surgelés, pizzas, restauration rapide (hamburger, frites...), sucre, farine, thé, biscuits.... Enfin, ils sont aussi utilisés pour la vaisselle (assiettes, verres) (MULTON, BUREAU et al, 1998).

### 3.4. Le cuir

Le cuir se rencontre très rarement au contact de nos aliments, du moins dans notre civilisation. Mais deux exemples intéressants de son utilisation ancestrale montre que ce matériau est à l'origine de la transformation de deux aliments : le lait pour le kéfir et la viande pour le pemmican. Ce sont deux préparations qui doivent leur découverte au stockage de la nourriture dans des sacs de cuirs, aujourd'hui encore très répandu dans certaines régions. Ces deux exemples démontrent le rôle d'une interaction entre le matériau et l'aliment (l'une est biologique, l'autre est à la fois thermique et mécanique) sur la valorisation de la qualité (dans ces exemples : sensorielle, sanitaire et nutritionnelle).

#### - **le kéfir**

Le kéfir est une boisson à base de lait qui, fermentant grâce aux bactéries, donne une boisson particulière. La boisson vient de bergers de l'Est qui ont découvert par hasard que le lait transporté dans des sacs de cuir fermentait parfois et produisait alors une boisson gazeuse. Le terme « kéfir » viendrait du mot turc « keife » qui signifie bonne sensation. Cette fermentation provient de bactéries lactiques, les Lactobacillus, qui se trouvaient sur le cuir. Le Lactobacillus acidophilus est le principe actif du kéfir ainsi que d'autres aliments dont le yaourt. Le Lactobacillus permet de réaliser une fermentation des produits laitiers. Par ailleurs, il aide à la conservation des aliments parce qu'il acidule son environnement en produisant de l'acide lactique. Ce processus permet de créer un milieu inhospitalier pour la croissance d'autres microorganismes qui pourraient contaminer la nourriture.

On comprend donc l'intérêt sur la qualité sensorielle (bonne sensation d'une boisson gazeuse au goût particulier) et sur la qualité sanitaire (bonne conservation et lutte contre la colonisation de microbes).

#### - **le pemmican**

Le pemmican est une préparation de viande séchée et concentrée, habituellement de bison, mélangée avec de la graisse animale. La préparation était parfois additionnée de baies ou d'autres ingrédients.

Ces ingrédients étaient entreposés dans un sac de cuir, scellé par du suif fondu et exposé au soleil. Les sacs de cuir rétrécissant, la viande étaient comprimées et séchées. Alors emballée sous-vide, cette préparation, devenant facile à transporter pendant de longs voyages, fût l'alimentation principale des grands voyageurs de l'époque.

Le pemmican offre ainsi des calories en forme compacte transportable. La viande séchée offre des protéines, les baies des vitamines (utile pour éviter le scorbut) et le gras une source d'énergie disponible.

Cette transformation de la nourriture montre son intérêt tant au niveau sensoriel que sanitaire et nutritionnel [22].

### **3.5. Les boyaux naturels**

Les boyaux sont avant tout utilisés pour les produits de charcuterie. Suite à la crise de la vache folle, l'utilisation d'un tel matériau (car il est bien considéré comme un matériau) a été remise en question. Après la disparition de la cervelle de boeuf, de la moelle, de la rate et des yeux dans les charcuteries françaises, en 2000 l'intestin est lui aussi supprimé. L'intestin bovin est utilisé dans la fabrication d'andouillettes et de cervelas. Cette décision a été prise sur l'avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA, 2000) en raison du risque potentiel de contamination des intestins par le prion.

Seuls les boyaux ovins et porcins sont actuellement utilisés, mais des avis de l'AFSSA montrent que la réglementation pourrait évoluer.

Le boyau naturel est pourtant nécessaire selon de nombreux producteurs et spécialistes, car il apporte des bactéries indispensables à l'acquisition des qualités organoleptiques du produit. L'utilisation de boyaux synthétiques implique pour certains produits l'ajout de micro-organismes. Lors de l'étape de séchage, les boyaux naturels permettent l'évaporation de l'eau. Pour les produits fumés, les boyaux naturels laissent passer la fumée, mais elle ne traverse pas les boyaux artificiels.

## **4. Matériaux composites**

Le matériau composite ou « complexe » est un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles. Le nouveau matériau ainsi constitué est composé d'une ossature, appelée renfort qui assure la tenue mécanique, et d'une protection, appelée matrice [23].

En alimentaire, on associe généralement les matériaux plastiques, les papiers-cartons et/ou les métaux pour assembler leurs propriétés. Les principales caractéristiques recherchées sont la résistance mécanique, l'inertie chimique, l'imperméabilité ou la perméabilité contrôlée, la soudure, la possibilité d'impression et le faible prix de revient.

Pour illustrer les matériaux composites, voici quelques exemples d'association de matériaux :

#### **- Associations aluminium / papier**

L'aluminium apporte des propriétés barrières aux odeurs et à l'oxygène d'où son emploi pour l'emballage de produits sensibles comme le chocolat. En association avec le papier sulfurisé, il s'emploie pour l'emballage des corps gras, le papier apportant la résistance à la graisse et aux micro-organismes, l'aluminium faisant barrière à la vapeur d'eau, à la lumière et aux rayons ultraviolets.

Les pâtes à mâcher sont aussi emballées dans du papier métallisé.

#### **- Associations plastique / papier**

Le polyéthylène est une bonne barrière à l'humidité et permet le scellage, donc l'étanchéité de l'emballage, d'où son utilisation pour les aliments surgelés. Le polypropylène, résistant aux

températures élevées, est associé aux cartons pour les plats cuisinés à réchauffer directement dans l'emballage. Le polyéthylène téréphtalate (PET), du fait de sa résistance aux graisses et aux températures très élevées, permet même la cuisson des aliments.

- **Association plastique / carton / aluminium**

Exemple de composition d'un emballage parallélépipédique complexe pour liquides alimentaires (*Tetra Pack*) :

*milieu extérieur* - polyéthylène – carton – polyéthylène – aluminium – polyéthylène - *liquide alimentaire*.

Le polyéthylène permet le scellage et protège le décor, le carton assure la rigidité et supporte le décor, la deuxième couche de polyéthylène permet une séparation facile des composants au cours des opérations de recyclage, l'aluminium est une barrière aux gaz et à la lumière et la troisième couche de polyéthylène permet le scellage et est au contact de l'aliment. L'association du carton, du polyéthylène et de l'aluminium est à la base de l'emballage des liquides alimentaires, ces 3 matériaux apportant l'ensemble des qualités requises pour ces types de produits.

Les emballages *Tetra Pack* apportent des avantages aux industriels, aux distributeurs et aux consommateurs sur le plan de la technicité, de la productivité, de la qualité, et de la santé. Ils sont utilisés pour l'emballage du lait UHT, du beurre, des yaourts, des soupes, des feta... (MULTON, BUREAU et al, 1998)

## **5. Autres composés en contact alimentaire**

### **5.1 Les vernis de protection**

Ils sont utilisés avec les emballages métalliques. Ce sont des produits susceptibles de former un film adhérent au métal, continu et inerte physico-chimiquement.

Les emballages métalliques utilisent une large gamme de revêtements organiques, soit pour l'intérieur, soit pour l'extérieur de la boîte. Aujourd'hui, en alimentaire, la part des boîtes intérieurement vernies, est prépondérante ; seuls les fruits blancs sont encore en contact direct avec du fer blanc nu.

Les matériaux métalliques comme l'aluminium ou le fer chromé sont toujours vernis sur les deux faces. La fonction essentielle des vernis est de minimiser les interactions des métaux de l'emballage avec les produits conditionnés et le milieu extérieur, évitant ainsi une modification des propriétés sensorielles des aliments, comme l'apparition de goût métallique. Ils peuvent également faciliter la mise en forme du métal et enfin jouer un rôle important dans la présentation à l'ouverture.

A l'extérieur, les revêtements organiques assurent simultanément la fonction de protection et de décoration (MULTON, BUREAU et al, 1998).

### **5.2 Les encres alimentaires**

Les encres utilisées pour l'impression des emballages alimentaires sont très réglementées. Elles doivent répondre au principe de « non-migration ». Comme l'ensemble de l'emballage, les encres ne

doivent posséder aucun constituant susceptible de migrer vers l'aliment et de le modifier de façon inacceptable, nuisible pour la santé.

Un tableau synthétique des différents matériaux est représenté en annexe 6.

Afin d'illustrer ces différentes propriétés des composés en contact alimentaire, nous avons choisi de développer trois exemples de matériaux qui ont une influence sur les qualités intrinsèques des aliments.

*Partie IV : Les matériaux, outils de valorisation  
scientifique ou outils marketing ?*

# **1 Valorisation des qualités intrinsèques des aliments**

Une denrée alimentaire peut être valorisée en jouant sur l'élaboration de ses caractéristiques intrinsèques, qualités sanitaire, nutritionnelles et organoleptiques. Afin de comprendre comment un matériau et ses propriétés influencent l'aliment, nous allons développer quelques exemples. Pour illustrer la qualité sanitaire, nous allons étudier les plans de travail en restauration collective. Ensuite, nous aborderons un phénomène nouveau et intéressant, le développement des emballages actifs. Ces derniers auraient la capacité d'interagir sur les qualités nutritionnelles de l'aliment. Enfin, nous nous intéresserons à la qualité sensorielle car il ne faut pas oublier que le consommateur français mange avant tout pour le plaisir (CREDOC, 2004).

## **1.1. L'acier inoxydable et la qualité sanitaire**

La préoccupation majeure des entreprises agroalimentaires est de fournir des produits conformes aux exigences normatives et législatives relatives à la sécurité alimentaire. Le but est de garantir l'innocuité des aliments et préserver la santé publique. Le principe est simple : éviter toute source de contamination et préserver au maximum la qualité sanitaire initiale des aliments manipulés. Dans ce cadre, les textes réglementaires et législatifs ainsi que les normes internationales sont en perpétuelle évolution afin d'améliorer le niveau de qualité sanitaire des produits. Les entreprises se trouvent confrontées à des obligations de résultats. Pour y répondre elles peuvent mettre en place des outils de management de la qualité tels que la démarche HACCP, les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication ou encore les certifications.

Les exigences réglementaires concernent tous les éléments susceptibles d'entrer en contact avec les aliments au cours de leur parcours. Ainsi, même les matériaux des équipements (plan de travail, cuve et tout le gros matériel) et les ustensiles de travail sont concernés.

Si on réalise un inventaire des matériaux rencontrés en agroalimentaire, l'acier inoxydable est de loin le plus utilisé. Il est même formellement exigé par la plupart des textes réglementaires liés à l'hygiène. Il constitue le matériau de fabrication des machines, des tables et surfaces de travail, des bacs, des couteaux... D'ailleurs, les fournisseurs de matériels agroalimentaires s'en servent comme argument de vente.

Afin de pouvoir comprendre le succès de ce matériau dans cette filière, nous avons décidé de l'étudier de manière concise et critique. Etant donné ses nombreux champs d'utilisation, nous avons choisi de se focaliser sur l'acier inoxydable des plans de travail dans la restauration collective et son intérêt pour la qualité sanitaire.

### **1.1.1 Exigences réglementaires en restauration collective**

Les textes réglementaires et normatifs relatifs à la restauration collective (*arrêté du 29 septembre 1997 fixant les conditions d'hygiène applicables dans les établissements de restauration collective à caractère social*), exigent un niveau d'hygiène irréprochable des surfaces et des matériaux susceptibles d'entrer en contact alimentaire. Le but est d'éviter toute source de contamination et de préserver la qualité sanitaire des aliments manipulés. En effet, l'arrêté précise que :

Les différentes surfaces susceptibles d'entrer en contact avec les aliments sont faciles à nettoyer et à désinfecter, constituées de matériaux lisses, de couleur claire, imputrescibles, lavables et non toxiques. Tous les matériels et équipements avec lesquels les denrées alimentaires entrent en contact doivent être maintenus en permanence propres. Ils doivent être construits et entretenus de manière à éviter les risques de contamination des denrées alimentaires, ils doivent permettre un nettoyage efficace et, lorsque cela s'avère nécessaire une désinfection adaptée (Arrêté 29 09 1997).

Ces exigences doivent être prises en compte lors du choix des plans de travail, des équipements et des ustensiles de travail. La facilité de nettoyage est un critère de choix déterminant.

### **1.1.2 L'intérêt de l'utilisation de l'acier inoxydable pour la qualité sanitaire**

Peu de matériaux rassemblent les propriétés de l'acier inoxydable : résistance à la corrosion, surface lisse, facilité de nettoyage ou encore résistance à la chaleur et au feu. De plus, il est assez économique compte tenu de sa durée de vie. Enfin, son esthétisme et sa luminosité lui confèrent une apparence moderne et attrayante. Tous ces arguments en font un matériau de choix pour les professionnels de la restauration collective.

La sécurité alimentaire des aliments est une condition indispensable pour la prévention de la santé publique. La qualité microbiologique repose sur le respect des règles d'hygiène tout au long des filières de production, de transformation et de distribution. Cette qualité est menacée par trois types de contaminants provenant généralement de l'environnement :

- Contaminants chimiques : les produits de nettoyage et de désinfection, produits d'entretien des machines.....
- Contaminants physiques : morceaux de verre, métaux, morceaux de bois, cheveux....
- Contaminants biologiques : les microorganismes notamment les pathogènes

Parmi ces agents de contamination, ce sont les microorganismes qui sont les plus impliqués. Les denrées alimentaires constituent un milieu favorable pour leur croissance, par conséquent la biocontamination s'autoamplifie et le produit demeure impropre à la consommation. Afin de garantir la sécurité des aliments, il est nécessaire de faire de la prévention. Cette stratégie repose sur deux principes :

- éviter l'apport des microorganismes aux aliments notamment les pathogènes
- en cas de présence, limiter leur développement

L'ADRIA NORMANDIE a pour objectif d'évaluer l'efficacité du nettoyage et de la désinfection sur les surfaces de travail (inox, bois et plastique) entrant en contact avec les produits de la mer. Une de leurs études montre que le niveau de contamination des surfaces par les microorganismes est plus important pour le bois (présence des surfaces poreuses à l'humidité et aux souillures, contenant de nombreuses anfractuosités pouvant abriter des microbes), puis le plastique (surfaces présentant des recoins difficiles d'accès pour le nettoyage). A l'inverse, l'inox présente une charge microbienne beaucoup moins importante (surface lisse, sans anfractuosités, capte moins les microbes). De même, les effets des produits détergents même ordinaires (ménagers), contre les microbes paraissent plus élevés sur l'inox ; les saletés se décolent plus facilement ce qui empêche la formation de biofilms. Concernant le désinfectant, l'étude a montré que la désinfection a permis de réduire la flore totale 30°C (la plus répondeuse dans l'environnement) d'un facteur de 500 à 10000 pour l'inox contre un facteur de 2 à 3 pour le bois. Cependant, dans le cas de l'affinage du fromage par exemple, les études menées par l'Institut Technique Français du Fromage (ITFF) montrent que les méthodes employées par les fromagers (brossage, cabine de nettoyage, désinfection) étaient très efficace.

L'acier inoxydable semble donc le matériau le plus adapté pour la qualité sanitaire. Il confère les conditions hygiéniques nécessaires pour la manipulation des denrées alimentaires, notamment dans le cas de manipulations des aliments générant des souillures organiques telles que graisses, protéines, sang... (cas des produits de la mer). En effet les saletés générées par cette catégorie d'aliment sont plus difficile à nettoyer et constituent un milieu favorable pour le développement des microorganismes et la formation de biofilms.

Est-ce le seul matériau possédant une surface lisse et permettant les conditions idéales pour prévenir la contamination des aliments et préserver leur qualité sanitaire ? Pourquoi les hygiénistes privilégient autant l'inox pour l'industrie agroalimentaire ? Existe-t-il d'autres matériaux ou mélange de matériaux permettant le même niveau d'hygiène ?

### **1.1.3 Analyse et critique**

L'utilisation de l'acier inoxydable dans la cuisine collective est justifiée par ses différentes propriétés qui lui confèrent une qualité hygiénique irréprochable. Les professionnels du secteur optent pour ce matériau non seulement pour ses propriétés mais aussi par recommandations. Ce matériau n'est pas obligatoire car en restauration collective, il existe seulement une obligation de résultats et non de moyens. Les textes applicables dans la restauration collective fixent les exigences relatives aux matériaux sur le plan hygiénique, mais ne préconisent pas forcément les aciers inoxydables. Ce matériau est donc simplement conseillé par les hygiénistes et les services officiels de contrôle (vétérinaires, services d'hygiène) pour ses propriétés techniques et hygiéniques précitées.

Cela ne signifie donc pas qu'il est le seul matériau possédant ces propriétés. D'autres matériaux ou combinaisons de matériaux peuvent permettre les mêmes avantages.

Il existe :

- les composites acryliques (matériaux thermoplastiques, même famille que le nylon, le polyester, le polystyrène..) associés à d'autres polymères tels que le quartz et le granit en fine granule. Ils

ont une surface lisse et hygiénique. Ces matériaux sont sensibles aux fortes chaleurs mais on peut éventuellement les utiliser pour les plans de travail

- Le stratifié qui est un empilage de feuilles de papier kraft, imprégnées de résine phénolique thermodurcissable, recouvert d'une feuille décorative, elle-même protégée par une résine. Ce matériau est très utilisé pour les plans de travail, il est résistant aux chocs et à la chaleur, il est facile d'entretien et économique
- Le bois massif recouvert d'une couche de finition d'huile de lin est parfaitement hydrofuge et se nettoie à l'éponge et au savon.
- La faïence permet une bonne hygiène mais ne résiste pas bien aux chocs thermiques. Par ailleurs, s'il existe des joints entre les carreaux, l'hygiène est diminuée.
- Le marbre est un matériau calcaire plus ou moins cristallin. Il nécessite un minimum de précautions et d'entretien.
- Le granit fait parti des roches les plus dures. De toutes les roches naturelles, il est sans aucun doute le plus inaltérable, et celui qui nécessite le moins de soin. Le granit est une roche à taux de porosité très faible. Lors de la pose, une simple imperméabilisation est nécessaire.

On sait que certains matériaux ne conviennent pas la conception des plans de travail en restauration collective mais, même si l'inox paraît être le matériau le plus adapté, d'autres peuvent être utiles. Par exemple, les billots sont très utiles pour les découpes. Un boucher ne pourrait pas découper sa viande sur de l'inox. Le bois est remplacé par le plastique mais il pose un problème de sécurité car des accidents arrivent à cause du manque de stabilité des billots en plastique.

Les enjeux pour la restauration collective vis-à-vis à la qualité sanitaire sont importants dans la mesure où les conséquences possibles à un manque d'hygiène peuvent être lourdes. De nombreux cas d'intoxications alimentaires ou autres conséquences sur la santé du consommateur pourraient survenir en cas de mauvaises conditions d'hygiène. Les risques sont d'autant plus importants en restauration collective que les convives sont fragiles : hôpitaux, enfants, personnes âgées...

En conclusion, l'acier inoxydable reste un matériau adapté à une utilisation comme plan de travail pour la restauration collective. Il faut cependant associé les bonnes pratiques d'hygiène pour être en accord avec les textes réglementaires.

## **1.2. Les emballages actifs, facteur de valorisation de la qualité nutritionnelle**

Les consommateurs sont de plus en plus soucieux de la qualité nutritionnelle des aliments. Les industriels travaillent sur les recettes mais aussi sur les emballages. Nous avons vu que ceux-ci doivent conserver, de façon optimale les qualités nutritionnelles des aliments au moins jusqu'à la date de péremption du produit alimentaire. Aujourd'hui, il existe même des emballages capables de céder à l'aliment des nutriments. Que penser de cette nouvelle tendance ?

Le temps où les emballages ne jouaient qu'un rôle de barrière inerte et imperméable entre la denrée alimentaire et l'environnement extérieur est révolu. Dorénavant l'emballage se doit d'être actif,

c'est-à-dire qu'au delà de la protection qu'il offre, il interagit avec le produit et dans certains cas il répond à des changements du milieu environnant ou du produit lui-même (GONTARD, 2000). L'emballage doit désormais fournir une facilité d'utilisation croissante aux consommateurs tout en préservant la fraîcheur du produit et en augmentant sa durée de vie.

### 1.2.1 Caractéristiques d'un emballage actif

Un emballage actif est caractérisé par sa faculté à sélectionner, à relarguer progressivement, à adsorber ou à transformer un composé ou un gaz.

Aujourd'hui l'emballage peut jouer le rôle d'absorbant d'oxygène, d'éthylène, de composés aromatiques indésirables ou encore de vapeur d'eau. Les industriels de l'agroalimentaire mettent à profit la capacité de l'emballage à relarguer de manière contrôlée des agents anti-microbiens tels que l'éthanol, le gaz carbonique ou le dioxyde de soufre. Un emballage actif peut de nos jours transformer un composé ou de l'énergie (schéma 7). Les emballages autochauffants ou autoreffroidissants, considérés comme les plus sophistiqués, peuvent transformer un composé présent dans l'aliment ou produire un élément désirable : matière ou énergie. C'est le cas des emballages micro-ondables avec suscepteurs.

Les plus actifs réagissent aux conditions extérieures pour pouvoir préserver les qualités de l'aliment (GONTARD, 2000).

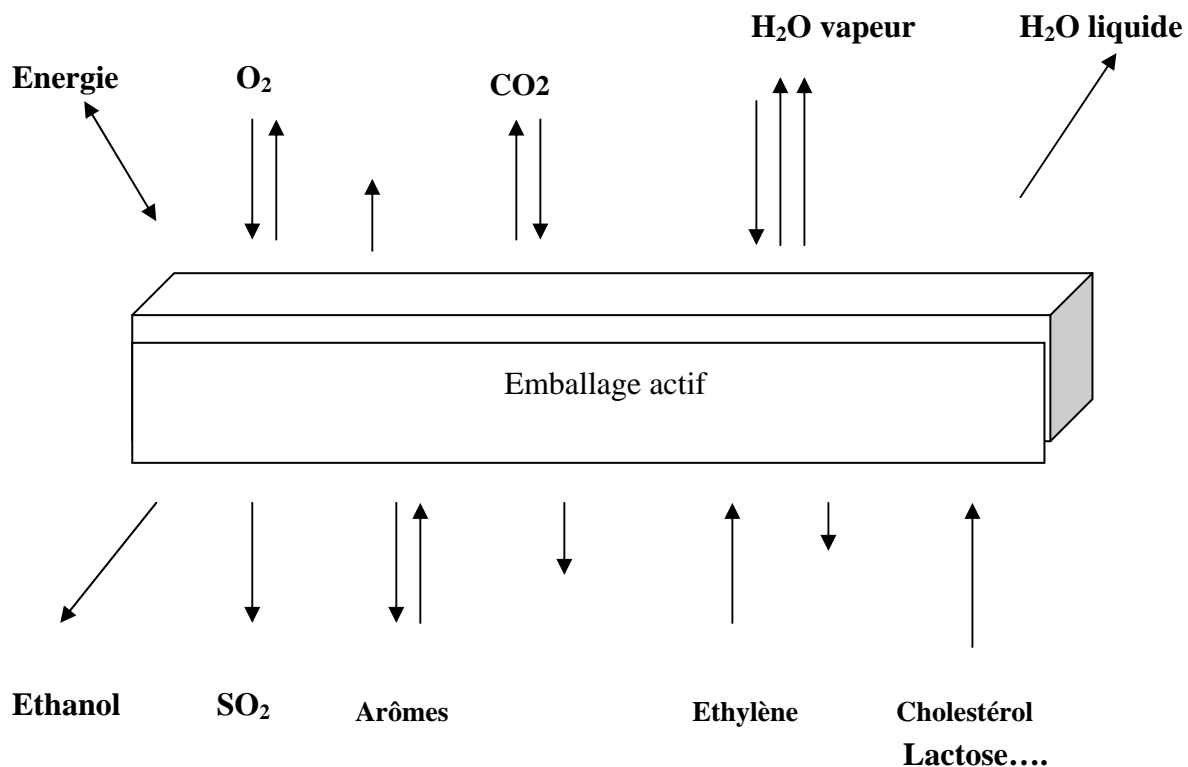


Schéma 7: Principaux composants qu'un emballage actif peut absorber, émettre, transformer ou sélectionner (GONTARD, 2000).

### 1.2.2 Les différentes catégories d'emballages actifs

Les emballages actifs sont classés en trois catégories :

- les interactifs qui agissent sur l'aliment pour améliorer et préserver sa qualité
- les indicateurs qui réagissent aux conditions de conservation de l'aliment pour informer le consommateur
- les préparateurs qui, à leur tour, agissent sur l'aliment pour faciliter sa consommation

Le schéma 8 synthétise les trois grandes familles d'emballages actifs.

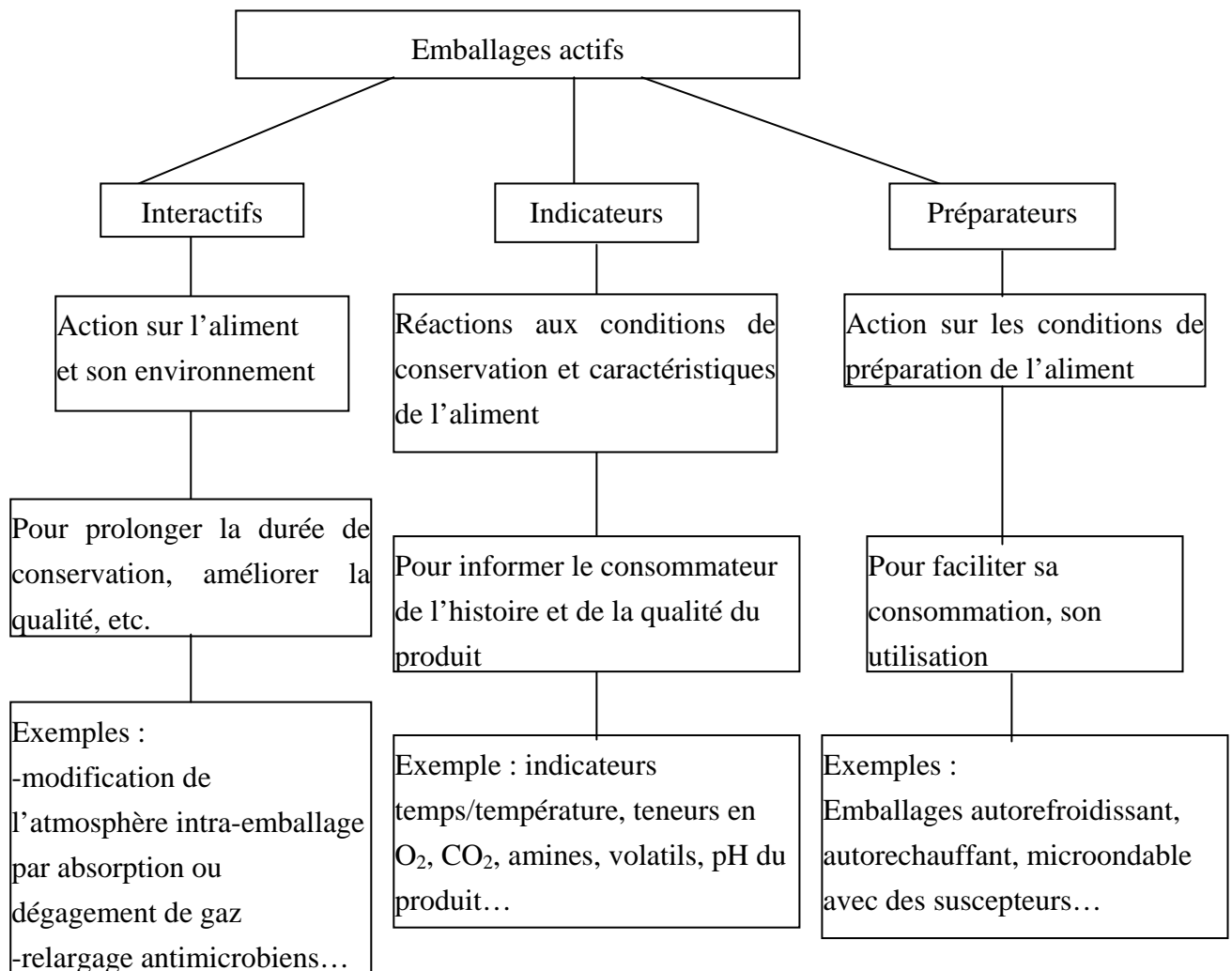


Schéma 8: Les trois grandes catégories d'emballages actifs (GONTARD, 2000).

### 1.2.3 Pourquoi utiliser les emballages actifs ?

Le tableau ci-dessous permet de mieux appréhender les besoins pour lesquels on utilise les emballages actifs.

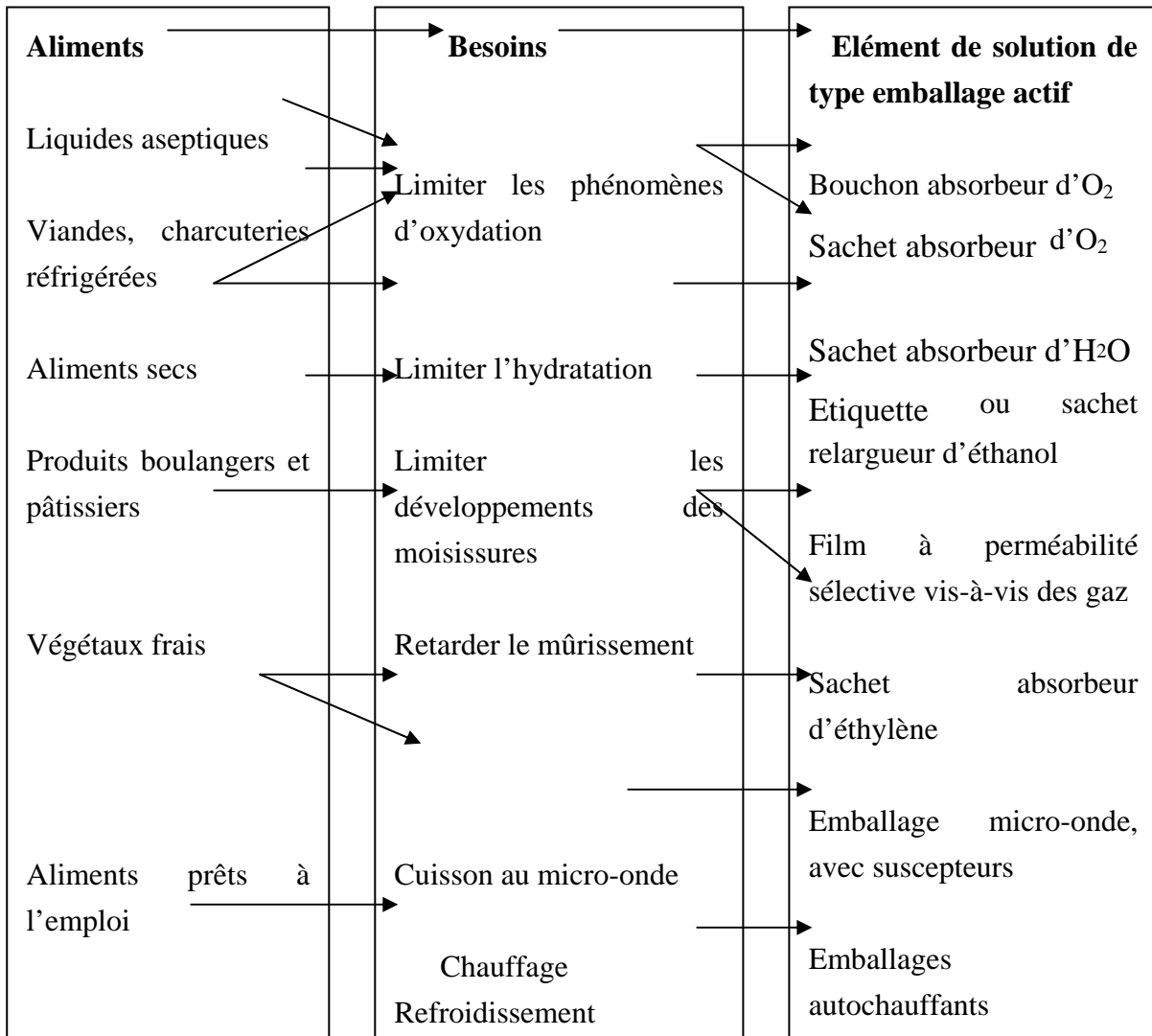


Schéma 9 : Exemples concrets d'utilisations des emballages actifs pour répondre aux besoins spécifiques des aliments (GONTARD, 2000).

### 1.2.4 Emballages actifs et qualité nutritionnelle

Dans cette partie nous allons nous intéresser aux rôles des emballages actifs dans la préservation de la qualité nutritionnelle des aliments.

Les nutriments, constituants les denrées alimentaires, sont les principales cibles des microorganismes d'altération des aliments. Ces microorganismes peuvent provenir du milieu extérieur en passant à travers l'emballage. Ils peuvent aussi se développer à partir des aliments dès que les conditions de conservation et / ou de stockage changent.

Des gaz comme l'oxygène de l'air sont susceptibles d'altérer la qualité nutritionnelle des aliments

riches en matières grasses par oxydation. L'oxygène peut aussi s'attaquer à l'acide ascorbique diminuant ainsi la qualité nutritionnelle de certains aliments.

L'emballage actif apporte un certain nombre de solutions pour préserver la qualité nutritionnelle des denrées alimentaires. Nous traiterons quelques cas concrets comme par exemple, les agents antimicrobiens ou absorbeurs d'oxygène utilisés actuellement en agroalimentaire ou faisant l'objet d'études.

### **Le cas des agents antimicrobiens**

La société BERNARD TECHNOLOGIES<sup>2</sup> a mis au point une technique basée sur la réaction chimique de deux sels de chlorure incorporés à l'emballage plastique. Cette réaction conduit à la formation d'un oxydant puissant qui est le dioxyde de chlore. Ce dernier est un gaz qui pénètre facilement la masse de l'aliment et tue bactéries, virus, champignons et moisissures. Cela permet de préserver la qualité nutritionnelle de l'aliment emballé et de contrôler sa durée de vie. Cette technique est surtout utilisée pour les aliments emballés dans des emballages plastiques [24].

Il est possible d'utiliser des sachets émettant des vapeurs d'éthanol pour lutter contre le développement des moisissures présentes dans les pâtisseries ; la prolifération de moisissures entraînant une altération de la qualité nutritionnelle des pâtisseries.

En Biélorussie, des chercheurs (**Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus**) ont développé un film actif pour l'emballage et l'affinage du fromage. L'objectif recherché était le développement d'un film polymère pouvant être à la fois barrière à l'oxygène, absorbant du gaz carbonique produit pendant l'affinage et capable d'éviter le développement de moisissures à la surface du fromage.

L'emballage mis au point est un complexe tricouche composé de la façon suivante :

- une couche PE chargé à 25% en amidon et en alginate de sodium, source d'énergie pour les bactéries lactiques
- du polyuréthane modifié par l'incorporation de chitine (20%) et de bactéricides (5%) jouant le rôle d'absorbant de CO<sub>2</sub> et de libérateur de biocides. Le polyuréthane est utilisé comme couche adhésive. Les biocides ont pour rôle de détruire les microorganismes d'altération qui sont en contact avec le fromage. Ils sont libérés quand l'affinage du fromage est fini.
- du PVDC utilisé comme couche barrière (THEBAULT, 2001)

**L'Institut d'Agrochimie et de Technologie des Aliments de Valences** (Espagne) a développé un emballage actif permettant de conserver pendant sept jours les fraises des bois, fruits particulièrement fragiles.

L'emballage est en plastique et possède des petites perforations réalisées au laser. Ces perforations facilitent l'échange gazeux et en particulier l'évacuation de l'excès de gaz carbonique issu

---

<sup>2</sup> Société américaine basée à Chicago

de la respiration des fraises. Un fongicide est aussi incorporé dans l'emballage. Il permet de détruire le principal agent d'altération de la fraise appelé *Botrytis cinerea*. En détruisant ce microorganisme, on préserve toute la qualité nutritionnelle de la fraise [25].

### **Le cas des absorbeurs d'oxygène**

Parmi les nombreuses utilisations des absorbeurs d'oxygène, nous pouvons citer entre autre la conservation des steaks hachés et des viandes de haute qualité. C'est un traitement qui diminue les pertes par exsudat lors de la mise sous vide et assure une meilleure tendreté de la viande, augmentant ainsi la digestibilité des protéines.

Les escargots présentés dans leur coquille sont conditionnés en barquettes d'aluminium enveloppées de film polyamide-polyéthylène, l'ensemble est placé sous atmosphère modifiée. L'ajout d'un absorbeur d'oxygène présente l'avantage d'augmenter la durée de vie du produit. Il constitue à ce jour le seul moyen d'éliminer l'oxygène résiduel se trouvant au fond des coquilles risquant de provoquer le rancissement des substances grasses. Cela aura pour conséquence la diminution de la qualité nutritionnelle et plus particulièrement la teneur en lipides.

#### **1.2.5 Avantages et inconvénients de l'utilisation des emballages actifs**

Comme nous l'avons vu, l'emballage actif est venu répondre à un certain nombre d'attentes (voir schéma 9) auxquelles l'emballage traditionnel ne pouvait pas faire face. Les solutions apportées (voir schéma 9) sont nombreuses et ont contribué à modifier notre vision de l'emballage. Les avantages liés à l'utilisation des emballages actifs sont tellement nombreux qu'il serait difficile de les énumérer tous, c'est pour cette raison que nous n'avons traité que quelques exemples. Cependant, il ne faut pas oublier les facteurs limitant l'utilisation de ces emballages. Parmi ceux-ci, nous pouvons citer le coût de production qui n'est pas toujours accessible car ce sont des produits de plus en plus sophistiqués. Par ailleurs, la législation européenne peine à évoluer et les consommateurs ont certaines difficultés à accepter ces nouvelles techniques de conservation. Dans une étude transmise à la Commission Européenne, il a été montré que les consommateurs avaient du mal à accepter l'utilisation de certaines substances chimiques dans les emballages [26].

En Europe un emballage qui interagit avec le produit ou réagit aux changements du milieu environnant va à l'encontre de la législation. Aux Etats-Unis et au Japon où les emballages actifs sont apparus il y a plus de 25 ans, les textes sont moins restrictifs. En Europe, ils sont apparus depuis 10 ans mais peu de réalisations sont faites au niveau industriel.

La directive 2002/72/CE du 06 Août 2002 relative aux matériaux et objets en matières plastiques pouvant être en contact avec les denrées alimentaires a permis d'évoluer car elle autorise l'utilisation des anti-bactériens dans les emballages alimentaires [24]. En 2003, des propositions ont été faites pour assouplir la législation afin de l'adapter aux progrès technologiques faits dans le domaine des emballages.

Certains emballages actifs ont l'avantage d'être biodégradables tels que les films d'enrobage comestibles. C'est le cas d'ailleurs de la grande majorité d'entre eux qui sont à base de matériaux

plastiques. Ces derniers sont recyclables ce qui représente un intérêt majeur pour l'industrie de la plasturgie.

Nous sommes rentrés dans une ère où les emballages sont de plus en plus actifs. Ceux-ci bouleversent notre vision traditionnelle de l'emballage, jusqu'ici considéré inerte vis-à-vis de l'aliment. Ces nouveaux emballages interagissent avec l'aliment ou s'adaptent à son environnement pour préserver, le plus longtemps possible et de façon optimale, ses qualités organoleptique et nutritionnelle. Cette avancée technologique majeure dans le domaine des emballages est largement appliquée dans les industries agroalimentaires Américaine et Japonaise. L'Europe doit faire évoluer sa réglementation pour permettre au secteur de l'alimentaire de profiter de ces avancées.

### **1.3. Tonneaux en bois, vins et qualité sensorielle : à chaque cru sa forêt ?**

L'élevage du vin correspond à la période comprise entre la fin de la vinification, c'est-à-dire la fin de la fermentation et la mise en bouteille. Pendant cette étape, le vin va subir plusieurs traitements ayant pour but de le bonifier : soutirage, clarification, maturation en fût.

Traditionnellement, l'élevage des grands vins rouges est réalisé en tonneaux de chêne. A l'origine ils servaient de récipient de transport. Aujourd'hui le tonneau est devenu en quelque sorte un ingrédient. Les barriques ne sont plus utilisées comme contenant mais bien pour les effets organoleptiques qu'elles apportent.

On entend souvent parlé de « note boisée », d'odeur de café, de vanille ou de chocolat, dont l'origine viendrait du bois. Ces caractéristiques qui peuvent paraître parfois superflues sont-elles le fruit de notre imagination ? Que sait-on aujourd'hui des conséquences de l'utilisation du bois sur la qualité organoleptique du vin ? Quels sont les risques ?

Un œnologue ne pourrait pas concevoir qu'un grand vin ne soit pas élevé dans un de ces fûts de chêne. Est-ce qu'un grand cru est bon parce qu'il a rencontré le chêne, ou alors est-ce qu'un vin rencontre le chêne parce que c'est un grand cru ? Le chêne est un des bois les plus chers. Il bénéficie d'une excellente image auprès des consommateurs. Peut-on imaginer que le fût de chêne ne soit qu'un outil marketing ?

De nombreux producteurs viticoles, œnologues et tonneliers prétendent que chaque grand cru possède sa propre forêt de chêne pour fabriquer ses fûts. Se pose alors la question de savoir si c'est uniquement un moyen d'affirmer une origine, un terroir si cher aux français en particulier pour le vin.

### **1.3.1 L'origine de l'utilisation des fûts**

Si l'on parle de grand vin, on se focalise sur la grappe de raisin, dans ces différentes variétés. Mais il y a deux éléments importants servant à la fabrication du vin : le premier est *Saccharomyces*, sans quoi le vin serait du simple jus de raisin. Le second est le bois !

Traditionnellement, les grands vins étaient stockés dans des tonneaux de bois. L'utilisation de ce matériau n'avait rien à voir avec les éventuelles conséquences qu'il pouvait avoir sur le vin. Ces récipients étaient faciles à manipuler par l'homme et le bois permettait une bonne étanchéité pour le transport des liquides. Plus tard, on a apprécié les conséquences que cela avait sur la qualité du vin.

Dans les années 1950 à 1960, les contraintes financières et les risques sanitaires ont incité les producteurs à réaliser l'élevage en cuve. Depuis quelques années, grâce à une situation économique plus favorable, et à des études montrant l'intérêt du matériau sur la qualité du vin, les producteurs sont de nouveau attiré par cette pratique.

### **1.3.2 Le rôle de l'élevage en fût sur la qualité du vin**

La maturation en fût ne s'applique pas à tous les vins. Les vins rouges « tanniques » constituent l'essentiel des vins de garde ou de longue garde : ils se bonifient au cours des années en restant en fût. Outre l'évolution propre au vin, les échanges avec le bois du fût et la régulation de l'oxydation au travers des parois, jouent un rôle important dans cette bonification.

Les effets de ces échanges au niveau de la qualité sont multiples. Le premier intérêt concerne l'arôme du vin. Celui-ci acquiert une complexité aromatique liée aux substances du bois qui se transmettent au vin. On parle alors d'arôme boisé, mais aussi d'arômes plus étranges comme la vanille, la noix de coco, le café ou le chocolat.

Les deux autres effets concernent l'aspect visuel du vin. En effet, l'élevage en fût permet une meilleure limpidité et en modifie la couleur.

#### **La complexité aromatique du vin élevé en fût**

Le vin acquiert une complexité aromatique liée aux substances odorantes extraites du bois. En effet, le bois contient de nombreuses molécules qui sont transmises au vin. Elles sont responsables d'odeurs et de goûts réunis sous le terme de « caractère boisé ». Le caractère boisé d'un vin est finement contrôlé par le producteur. Le danger est d'obtenir un caractère boisé dominant, au détriment des autres caractéristiques aromatiques du vin.

Les molécules responsables sont parfaitement identifiées par différents instruments de chimie analytique.

#### **La limpidité du vin élevé en fût**

La limpidité du vin est obtenue plus facilement en fût qu'en cuve inerte, en raison d'un volume plus faible et de phénomènes d'adsorption de molécules par le bois. Le bois est plus sensible à la température ambiante ; ainsi on observe une meilleure précipitation des sels et du colorant colloïdal,

c'est à dire une meilleure limpidité, lors des températures froides de l'hiver.

### **La couleur du vin élevé en fût**

Lors de l'élevage, le vin subit des modifications de couleur. La couleur vive des vins jeunes s'atténue et perd de son intensité. La teinte rouge vif voire violacée est progressivement remplacée par des nuances orangées. L'utilisation de fût favorise ces réactions. En effet, le bois est un matériau poreux qui laisse par conséquent passer l'oxygène dans le vin. Les molécules responsables de la couleur du vin (les composés phénoliques : tanins, anthocyanes...) subissent des réactions d'oxydation à l'origine d'une modification de leur couleur.

#### **1.3.3 Les mécanismes à l'origine de ces modifications**

### **Les échanges d'oxygène et l'oxydoréduction**

L'apport d'oxygène provient des différentes manipulations du vin et du transfert à travers le bois et par les espaces entre les lattes (les douelles) du tonneau. L'oxygène est alors dissout dans le vin et intervient dans l'évolution des composés phénoliques du vin. Les composés phénoliques jouent un rôle très important dans la couleur et le goût du vin. Ils sont responsables de la couleur des vins et ils déterminent un ensemble de perceptions sensorielles complexes : astringence, amertume, sécheresse, verdeur... souvent regroupées sous le terme de « tanin ».

L'oxydation permet l'assouplissement des tanins et la stabilisation de la couleur du vin en favorisant certaines réactions chimiques (polymérisation, formation de complexes colorés stables). La couleur du vin devient alors plus intense.

### **La dissolution des composés non volatils du bois**

De nombreux composés contenus dans le bois sont dissous dans le vin. Parmi les composés non volatils, ce sont essentiellement les acides phénols, les coumarines et les ellagitanins.

Les acides phénols et les coumarines présentent une perception acide alors que les ellagitanins sont astringents.

Le bois peut également libérer, selon les conditions, des polysaccharides (surtout des celluloses) qui contribuent à la saveur du vin.

On peut donc imaginer que les vins conservés dans du bois peuvent présenter des caractères organoleptiques différents de ceux élevés en cuve.

### **La dissolution des constituants volatils du bois**

Le bois libère également de nombreux composés volatils qui participent à la complexité aromatique du vin. Le bois de chêne contient un certain nombre de composés qui présentent une odeur particulière (la vanilline en est un très bon exemple). Certains composés ont une caractéristique sensorielle de noix de coco, de boisé ou d'épice. Les principales familles de composés présentant une

odeur caractéristique sont les lactones (odeur de noix de coco, de bois fraîchement coupé), les aldéhydes phénols (comme la vanilline), les phénols volatils (comme l'eugénol = clou de girofle).

### **Les phénomènes de sorption du bois**

De nombreuses recherches ont été menées sur le sujet des interactions entre le bois et le vin, et concernaient les composés libérés par le bois. En revanche, le bois libère mais il absorbe également. L'absorption par le bois de certains composés est aussi un processus offrant une bonification du vin tant sur sa qualité aromatique que sur son aspect visuel.

Des molécules indésirables, responsables d'un défaut d'odeur, de goût ou de couleur peuvent être ainsi retenues par le bois. (KENNEL, 2004)

#### **1.3.4 L'influence de l'origine géographique, de l'espèce et de l'âge du bois**

Des études montrent que les phénomènes observés lors de l'élevage du vin en fût dépendent de nombreux paramètres propres à la nature du bois : son origine, son espèce et son âge.

Ainsi, il n'est pas rare d'entendre que le vin du domaine X doit être uniquement élevé dans un fût de chêne provenant de la forêt Y.

L'origine si précise du bois est-elle réellement un facteur de variabilité des qualités organoleptiques du vin ?

En France, la tonnellerie s'approvisionne surtout à partir de massifs forestiers localisés dans quatre régions : Limousin, Centre, Bourgogne et Vosges. Deux espèces d'arbre sont utilisées : le chêne rouvre et le chêne pédonculé.

Il existe une variabilité des propriétés physico-chimiques de ces bois selon l'espèce mais également entre les individus d'une même provenance, voire d'une même forêt.

Cette variabilité porte essentiellement sur la porosité et la perméabilité du bois. Ces facteurs vont influencer l'importance de l'oxygénation du vin à travers le bois, un des mécanismes à l'origine des modifications de couleur et de goût du vin.

Des analyses montrent également des quantités variables de polyphénols et de composés odorants. Ainsi un chêne du limousin présente deux fois plus de tanins qu'un chêne de la région Centre. (CHATONNET, 2005). Quant à l'espèce pédonculée, elle possède 6 µg de vanilline par gramme de bois, alors que l'espèce rouvre en possède 8 µg/g.

#### **1.3.5 Quelles conséquences sensorielles ?**

Il apparaît clairement d'après les analyses physico-chimiques qu'il existe une variabilité au niveau des propriétés du bois. Ces propriétés sont impliquées dans les mécanismes à l'origine des modifications organoleptiques mesurables. Mais, l'homme n'est pas une machine capable de reconnaître n'importe quelle odeur ou saveur, ni de distinguer d'infimes différences de concentrations comme on pourrait le faire en laboratoire.

De nombreuses études portent sur l'analyse sensorielle de vins élevés en contact avec des chênes de différentes origines et différentes espèces. Le but étant de comparer les données physico-chimiques aux détections sensorielles de l'homme.

Globalement, les analyses sensorielles font apparaître une corrélation entre la porosité du bois et l'impression qualitative générale des vins. Plus la porosité est élevée moins le vin est apprécié.

Au niveau de l'espèce du chêne (rouvre et pédonculé), les analyses sensorielles montrent une préférence pour les vins élevés en fûts de chênes rouvres. Les vins présentent d'avantage de boiser à caractère noix de coco ou café. Les bois pédonculés sont moins appréciés car le boisé manque de finesse et présente une amertume.

Les dosages effectués sur les bois (NAUDIN, 2000) montrent que les chênes rouvres sont plus riches en lactones que les chênes pédonculés, expliquant ainsi la présence plus marquée du caractère boisé.

Au niveau de l'origine géographique du bois, les études réalisées montrent que le caractère boisé n'est pas décrit de la même façon suivant la provenance du bois utilisé lors de l'élevage. Par exemple les bois originaire de Saint Palais donnent essentiellement des notes de café, de moka et de grillé, alors que les bois originaire des Vosges sont plutôt associés à des notes de vanille et de noix de coco.

L'analyse physico-chimique montre des variations de la quantité de lactones, d'eugénol (composés volatils odorants) et d'ellagitanins (composés non volatils amers).

Ces résultats qui semblent éloquentes sont toutefois à prendre avec précaution. Une variabilité au sein de chaque arbre (quelque soit sa provenance) a également été démontrée, ce qui peut faire disparaître « l'effet origine géographique ».

D'autres paramètres caractéristiques du bois et spécifiques à chaque arbre vont également jouer un rôle dans le profil sensoriel du vin : sa croissance, son âge, sa position dans la forêt, sa forme... Tous ces facteurs de variation font que ce profil ne peut pas être uniquement relié à une espèce ou à une localisation géographique précise. Le résultat final obtenu sur le vin sera la conséquence d'un équilibre voire d'une compétition entre ces différents facteurs de variation. La plupart des études sur le sujet montrent en effet une variabilité des résultats d'analyse sensorielle. Cette variabilité peut avoir une origine intrinsèque au produit, c'est-à-dire liée à la variabilité même du bois. Mais on peut également montrer que cette variabilité peut-être causée par une certaine subjectivité lors de la dégustation des vins et même à des influences du dégustateur qui tendent à biaiser les résultats.

### 1.3.6 Les arômes du vin, fruit de notre imagination ?

Nous sentons avec les yeux...voilà ce qu'un chercheur de l'INRA a tenté de démontrer, en tendant un piège à des dégustateurs aguerris.

«Un jour, je me suis aperçu que tous les vins rouges présentaient des arômes de fruits ou d'épices de couleur rouge ; et les vins blancs, des choses blanches. J'ai trouvé ça bizarre. » C'est ainsi que Gil Morrot, chercheur en neurosciences cognitives au CNRS et à l'Inra, raconte comment lui et ses collègues ont monté une expérience qui allait prouver que ce que nous croyons respirer et goûté dans le verre provient de notre imagination.

L'expérience a donc consisté à proposer à 57 étudiants en œnologie la dégustation d'un même vin, mais dans deux bouteilles différentes : l'un dans une bouteille d'un grand cru et l'autre dans une bouteille étiquetée « vin de table ». Qu'importe le flacon ? Sauf que sur les 57 étudiants, seuls six ont deviné la supercherie, alors que le « vin de table » a été noté beaucoup plus sévèrement que le « grand cru ».

Plus surprenant, les dégustateurs ont pour la plupart signalé la présence d'un caractère boisé dans le « grand cru ». Le vin utilisé pour l'expérience n'avait pourtant jamais été mis en contact avec le bois. Aucun dégustateur n'a signalé la présence d'un caractère boisé dans le vin de table. L'illusion de la présence d'un boisé dans le vin étiqueté grand cru résulte d'une **construction cognitive**. Le dégustateur étant persuadé de la présence de bois dans le vin qu'il goûte, son cerveau mélange les messages sensoriels de sa bouche, de son nez et aussi de ses yeux (la vision de l'étiquette) pour créer une perception, c'est-à-dire ce que nous ressentons : un goût boisé.

« Les étudiants savaient qu'un grand cru est boisé, donc ils sentaient le bois. Notre cerveau crée une cohérence et envoie l'odeur adéquate dans le nez », explique Gil Morrot (MORROT, 2005).

**En savoir plus...**

#### **Du verre.... au cerveau, la construction de la perception du vin**

Le message résultant de l'activation de nos récepteurs sensoriels n'est que la première étape (étape sensorielle) de notre perception olfacto-gustative du vin. Ce message, biologiquement codé, est ensuite totalement reconstruit par notre cerveau (étape cognitive). Des informations telles que celles provenant de nos autres sens (vue, ouïe, toucher), du contexte (ambiance), de notre mémoire (situations vécues, référence à un vin mémorisé) ou d'autres processus (plaisir, aversion, niveau d'émotion, état de veille du cerveau) sont alors intégrées au signal sensoriel initial et vont le modifier considérablement. Ce signal atteint alors les zones de notre cerveau correspondant à un niveau de perception consciente. L'étape cognitive a donc pour effet de rassembler un certain nombre d'éléments (sensoriels et non sensoriels) et de leur donner un sens, celui que nous percevons.

Source : « le goût du vin dans nos têtes », INRA, 06/10/2005

### **1.3.7 Les risques de l'élevage en fût**

Il existe principalement deux risques à l'élevage du vin en fût de bois. Le premier est lié à la dégradation de la qualité organoleptique. Le second est le risque de développement de micro-organismes.

Le bois est capable d'apporter de nombreux éléments bénéfiques au vin. Mais si son utilisation n'est pas parfaitement maîtrisée, il y a apparition de défauts de goûts, d'odeur ou de couleur. Le temps est un facteur important. Alors que certains vins restent en fûts pendant plusieurs années, une chercheuse de l'université espagnole de Navarre a démontré que la durée d'élevage ne doit pas dépasser 12 mois. En effet, la chercheuse espagnole a observé qu'à partir de 12 mois, les vins montraient une diminution de leurs composés aromatiques [27].

L'âge du fût est aussi un élément responsable de dégradations organoleptiques, les observations de cette chercheuse montrent que le fût est épuisé après réutilisation. "*Les barriques vieilles de 5 ans ne cèdent presque pas de composés volatils au vin*" indique l'équipe de chercheurs espagnols. Les vieilles barriques peuvent même libérer des composés indésirables qui auraient été adsorbés lors de précédents élevages.

Le deuxième risque prépondérant est le développement de micro-organisme dans le fût. La barrique est en effet un lieu idéal de développement de bactéries, en raison d'un contact permanent avec l'oxygène et les variations de température.

Les bactéries qui se développent sont des bactéries acétiques, qui produisent de l'acide acétique. On observe une augmentation importante de l'acidité du vin. Il y a également formation d'acétate d'éthyle dont l'odeur est très désagréable.

En plus des bactéries lactiques, il est possible d'identifier des levures nuisibles.

Les bénéfices apportés par l'utilisation du bois dans la viticulture ne sont plus à démontrer. Le vin subit plusieurs modifications sensorielles, dont les mécanismes sont connus et décrits. Ces effets sur la couleur et la limpidité ne sont pas discutables. Cependant, même si l'homme est capable de sentir de nombreuses odeurs, il possède un système olfactif limité, ce qui amène le cerveau à utiliser d'autres sens pour créer ce que l'on va ressentir. C'est pourquoi il existe une part de subjectivité dans l'interprétation des messages que nos organes sensoriels nous transmettent. Nous sommes parfois trompés par notre propre cerveau, ce qui suscite de nombreuses questions quant à la validité des dégustations de vin mais plus généralement des analyses sensorielles. Certes les dégustations sont parfois faites « à l'aveugle », mais lorsque nous, consommateurs, consommons les produits, nous n'avons pas les yeux bandés. Il est important de prendre en compte l'environnement (la vue de l'étiquette sur la bouteille par exemple), le contexte, la situation de consommation pour juger de la qualité d'un produit.

Dans le cas de cet exemple, on peut donc dire que le bois est à la fois un outil permettant de jouer à la fois sur les qualités intrinsèques du vin mais aussi (et surtout ?) sur la qualité perçue.

## **2 Valorisation marketing**

La qualité de service, définie dans la première partie, regroupe tous les avantages ou « petits plus » des couples aliment / matériau et produit / emballage. Par exemple, en usine agro-alimentaire, la qualité de service de l'acier inoxydable est la facilité de nettoyage et de désinfection. Pour un emballage, ce sera sa praticité, les valeurs qu'il connote, le savoir faire qu'il transmet, le fait qu'il soit recyclable, facilement transportable, léger...

Dans cette partie, nous nous intéresserons d'avantage au couple produit / emballage car il est directement lié au consommateur. On rappelle que pour rester compétitive, une entreprise à besoin de valoriser ses produits et de les adapter aux besoins des consommateurs pour leur satisfaction. Pour cela, elle peut, entre autre, utiliser les matériaux et leurs interactions avec les aliments.

Comme nous l'avons vu, la caractéristique première d'un emballage est la conservation des qualités sanitaire, nutritionnelle et sensorielle des aliments. Les matériaux d'emballage influent directement sur ces qualités. En revanche, il existe d'autres formes d'interactions qui sont essentiellement sensorielles et psychologiques entre un matériau d'emballage et son aliment. Lors de l'achat d'un produit alimentaire, le consommateur voit seulement l'emballage (un yaourt en pot plastique) ou l'emballage et son contenu (une bouteille d'eau). On peut alors se demander si le consommateur va choisir tel ou tel produit en fonction de son prix, de ses qualités intrinsèques ou en fonction de son emballage.

Aujourd'hui, pour ce différencier, les entreprises investissent dans des emballages très techniques qui répondent aux besoins des consommateurs. Ce sont surtout les marques qui consacrent un budget élevé pour valoriser leurs produits par rapport aux produits à marques de distributeurs ou hard-discount.

Les consommateurs souhaitent des produits de tradition, fabriqués avec un certain savoir faire et ayant une qualité organoleptique optimale. Ils veulent aussi que ces produits soient faciles et rapides à préparer. Par ailleurs, certains consommateurs sont sensibles aux questions d'environnement et donc aux emballages recyclables. Les industriels doivent donc répondre à tous ces critères pour rester sur le marché et faire face à la concurrence.

La qualité de service met en jeu nos cinq sens lors de l'acte d'achat. Tout d'abord les industriels attirent le consommateur par les formes et les couleurs de l'emballage et par la marque ; c'est la vue qui est sollicitée. Ensuite les entreprises peuvent jouer sur le toucher en créant des emballages « doux » et / ou sur l'odorat en recréant l'odeur du produit dans l'emballage ou le rayon. L'emballage a donc une fonction primordiale dans la valorisation du produit. Même si le contenant coûte parfois plus cher que le contenu (YVERNAULT, 2005), les consommateurs acceptent parfois de payer un prix plus élevé si le couple produit / emballage répond à leurs besoins. Comme l'explique Cécile Brossolet, Maître de conférences à l'Université d'Orléans (BROSSOLET, 1999), lorsque plusieurs produits apparemment identiques ont un prix différent, les consommateurs choisissent, souvent le moins cher. En revanche, à prix quasi égal, le consommateur choisira un produit en fonction de la perception qu'il en a, en fonction de son utilité, de ses valeurs, de ses habitudes, de son expérience passée...

La qualité de service est donc la qualité perçue du couple aliment / emballage par l'utilisateur

du produit. Elle n'agit pas directement sur l'aliment. Cependant, elle perturbe les qualités intrinsèques du produit lors de l'acte d'achat. En effet, une compote en pot métallique et une compote en pot verre, toutes deux appertisées, pourront avoir les mêmes qualités sanitaire, nutritionnelle et sensorielle mais pas la même qualité perçue. Le pot verre permet au consommateur de voir ce qu'il achète, il connote la tradition et il peut être réutilisé ; la conserve est moins fragile et diminue les risques de blessures.

L'exemple de Frédéric Sauvage sur le bocal en verre le montre encore : « *un bocal de conserve en verre laisse entendre « tradition », fait « comme grand-mère » et paraît certainement moins industriel que le boîtier 4/4 en métal. Ainsi, si on veut positionner une conserve de légumes « façon ancienne », le conditionnement bocal de verre est à envisager.* » (MULTON, BUREAU et al, 1998).

Pour illustrer cette qualité perçue, nous détaillerons plusieurs exemples.

## **2.1 Les yaourts**

Dans le commerce, il existe des yaourts en pot en grès, des yaourts en pot en verre et des yaourts en pot plastique (PS et PSE).

Les yaourts en grès existent sous la marque Danone® (Danone 1919®) et sous les marques Yoplait® et La Ferrière®. Ces produits sont de simples yaourts crémeux qui présentent les mêmes caractéristiques qu'un yaourt du type perle de lait® ou qu'une crème de yaourt® vendus en pot plastique. Il existe des différences au niveau de la valeur calorique (plus ou moins de lipides et plus ou moins de sucres ajoutés) et donc très certainement des différences de goûts, de saveurs. Pour ce qui est de la qualité sanitaire, elle est sans doute similaire. Pourtant, leur prix est cinq fois plus élevé qu'un yaourt classique. Le pot en grès permettrait-il un positionnement haut de gamme ? En tout cas, il évoque la tradition et l'onctuosité du yaourt. En revanche, il n'est pas recyclable...

La qualité perçue au travers du pot en grès est donc la tradition et l'onctuosité. L'industriel valorise son produit par la tradition grâce au pot en grès qui rappelle les recettes d'antan. De plus, certaines personnes réutiliseront le pot, par exemple, pour boire leur café qui sera tenu au chaud ou pour présenter les sauces à l'apéritif.

Les yaourts en pot de verre sont surtout connus sous le nom de la laitière®. Lorsque le consommateur achète un yaourt la laitière®, il achète aussi la tradition, le savoir faire, l'authenticité. D'ailleurs, le slogan de la laitière® est « qualité et savoir faire » et la laitière, personnage emblématique de la marque, évoque les recettes de grands-mères et la traditionnelle yaourtière. C'est bien le pot en verre qui agit sur le consommateur par la tradition. Cependant, tout un chacun sait que les pots la laitière® sont fabriqués industriellement et pas à la ferme par la laitière... La marque se sert de sa notoriété pour vendre la tradition et la qualité.

Enfin, les pots en verre se recyclent facilement et peuvent être réutilisés par le consommateur ; ceci est très apprécié des personnes sensibles au développement durable.

Les yaourts en pot plastique existent sous toutes les marques. Ils sont moins lourds et moins

fragiles donc plus facilement transportables par le consommateur, le transporteur ou l'industriel.

Par la communication et l'emballage, les marques jouent sur les qualités intrinsèques des produits. En se différenciant par la qualité perçue, les industriels modifient la perception du produit par le consommateur.

## **2.2 Les plats cuisinés surgelés et leurs différents modes d'emplois**

L'évolution des modes de vie et la réduction du temps de préparation des repas amènent les consommateurs à acheter des plats cuisinés industriels. Pour répondre du mieux possible aux besoins et attentes des consommateurs, les fabricants innovent tant au niveau des recettes que des emballages ou des modes d'emploi. Ainsi, le même plat cuisiné peut se réchauffer au four traditionnel ou au four à micro-ondes ; ceci n'était pas possible avant 2002. Les industriels agissent, par le service rendu à l'utilisateur, sur les qualités du produit en développant par exemple des emballages qui permettent de conserver le croustillant du gratin et ce même au four à micro-ondes.

C'est Nestlé qui, en 2002, développe des barquettes de plats cuisinés surgelés allant au four à micro-ondes et au four traditionnel (PINSSEAU, 2004). Ces barquettes sont composées de carton et d'un matériau qui réfléchit les ondes : le suscepteur. Ce film est un polyester constitué de deux parties ; une sans métal qui permet le chauffage et l'autre, métallisée qui assure le croustillant du plat cuisiné [28]. Le suscepteur est capable de transformer l'énergie du four à micro-ondes en énergie thermique qu'il restitue à l'aliment. Il permet donc de faciliter la cuisson des aliments. Aujourd'hui, ce type d'emballage est utilisé chez Maggi mais aussi chez Marie ou chez Findus ; chaque marque conserve son propre procédé de fabrication et ses matériaux d'assemblage.

Sur l'emballage on trouve donc différents modes d'emploi et différents temps de cuisson en fonction du type de four utilisé et de la contenance du plat. Tout est prévu en fonction du temps dont dispose le consommateur ou du matériel à sa disposition (four à micro-ondes sur le lieu de travail par exemple).

## **2.3 Les sachets micro-ondables**

Pour les mêmes raisons que les plats cuisinés surgelés, les industriels développent des sachets souples en conserve et micro-ondables. En effet, le développement des repas pris sur le pouce fait réfléchir les équipes de recherche et développement qui proposent des plats assaisonnés, des soupes, du riz à réchauffer au four à micro-ondes : un plat chaud, rapide à préparer pour un repas équilibré ! Les sachets comme les boîtes de conserve se stockent au sec mais le sachet a en plus l'avantage d'être léger, plus facile à transporter et micro-ondable... [29].

Ces sachets peuvent être stérilisés et offre alors une longue durée de conservation. Ils sont plus légers donc plus facile à transporter ce qui est un avantage pour l'industriel et le transporteur. De plus, le matériau est facilement recyclable et séduit les personnes sensibles au développement durable. Les sachets « conserve souple » gardent leurs propriétés barrières mais laissent passer les micro-ondes ; ils s'adaptent donc parfaitement aux repas rapides.

Grâce à l'encre utilisée pour l'impression, ils sont rapidement repérables en magasin, les consommateurs n'ont pas besoin de les chercher. Les matières des sachets permettent aussi de fabriquer différentes formes, différents formats adaptés à chaque moment de consommation pour encore plus de praticité. Enfin, ces conserves souples peuvent être légèrement transparente ; le consommateur peut voir le produit.

## **2.4 La gamme Vittel®**

L'eau de Vittel® est issue d'un plateau calcaire de 5000 hectares de la région des Vosges. En 1860, cette eau est utilisée dans les thermes. Cependant, dès les années 1890, des bouteilles en grès contenant de l'eau de la source sont vendues pour permettre aux curistes de poursuivre la cure à domicile. Ces bouteilles seront remplacées par des bouteilles en verre en 1898.

La marque Vittel® est reconnue pour ses effets bénéfiques lors des cures mais déjà, en 1936, la marque communique sur la jeunesse et la santé avec un slogan « bonne santé, bon moral ». En 1938, Vittel® est « *l'équilibre de la famille* », en 1952, elle participe à la « *beauté* » car celle-ci dépend de la santé. Puis, en 1954, Vittel® cible les jeunes enfants avec la possibilité de reconstituer des biberons avec de l'eau de Vittel® (absence totale de nitrites et faible teneur en nitrates).

Puis, dans les années 60, la marque adopte la couleur rouge. C'est la couleur par excellence, la couleur de la beauté, de la richesse, de la force, de la marque, du dynamisme, de la créativité, de la présence... (PASTOUREAU, 2004).

L'historique de la marque et sa couleur lui permettent de se positionner sur la vitalité ; elle réalise même des partenariats sportifs (natation, basket...).

Avec un seul produit : l'eau de source Vittel®, la marque doit innover pour illustrer son positionnement.

Dès 1968, la marque innove avec une bouteille en PVC vendue en grande surface et non plus en pharmacie, puis avec une bouteille en PET en 1994 (plus solide). Vittel® gagne des parts de marché, certes grâce à la communication mais aussi grâce aux différents matériaux utilisés qui augmentent les occasions de consommer de l'eau Vittel®.

Ensuite, la marque investit dans le bouchon sport et sort sur le marché différents formats (enfants, 50 centilitres, 1 litre, 2 litres...) et différentes matières : verre, plastique dur et plastique souple.

Le verre évoque la tradition et les bouteilles en verre sont essentiellement vendues dans les cafés et restaurants ou aux consommateurs pour les grandes occasions. On ne boit pas une Vittel® en verre comme on boit de l'eau ! Ici encore, l'outil marketing est le matériau qui évoque l'authenticité, le moment que l'on n'oublie pas. De plus, les bouteilles en verre sont 100% recyclables et sont donc plus appréciées des consommateurs.

Le plastique souple adapte le débit à chaque consommateur puisqu'il suffit de presser pour que l'eau s'écoule. De plus, cette matière est moins lourde ce qui permet d'emporter sa bouteille de Vittel® partout.

Les autres bouteilles sont en PET et résistent bien aux chocs.

Il existe des bouteilles de 1,5 litres et 2 litres utilisées pour toute la famille y compris les

nourrissons (riche en calcium et faible teneur en sodium). La bouteille de 1,5 litres est aussi la quantité journalière à consommer, le consommateur n'a plus besoin de calculer ce qu'il boit, c'est 1,5 litres par jour ! La bouteille de 2 litres, quant à elle, est un peu plus lourde, elle est donc dotée d'une poignée anti-dérapante pour faciliter le service.

La bouteille de 75 cl avec son bouchon sport est facilement transportable et idéale pour le sport (salle de sport, vélo...). En effet, la quantité est adaptée à une séance de sport et le bouchon permet une ouverture facile : as besoin d'utiliser les mains pour l'ouvrir donc pratique quand on fait du vélo par exemple ! De plus, on ne risque pas de faire tomber le bouchon. Enfin, il permet une meilleure hygiène : on ne touche pas le goulot avec les doigts mais directement avec la bouche. Le matériau et la forme de l'emballage jouent sur les qualités intrinsèques comme sur la qualité perçue : hygiène, hydratation du consommateur et praticité.

La bouteille 33 cl pour les enfants est qualifiée de « compagnon hydratation et vitalité des enfants ». Elle s'adapte à leur mode de vie puisqu'elle a un bouchon sport pour plus de propreté, qu'elle est incassable et résiste aux chutes, petite pour le transport et ludique pour leur donner envie de boire. Dans ce cas encore, une partie de l'outil marketing est le matériau.

En 2005, la bouteille Vittel® gagne encore en vitalité avec une forme plus allongée, des lignes plus toniques et davantage de couleur rouge. La bouteille, même en plastique, devient plus élégante pour les tables de tous les jours.

Avec un même produit, plusieurs emballages, des matériaux différents et plusieurs prix de vente, Vittel® séduit plusieurs catégories de consommateurs en s'adaptant à leurs besoins quotidiens, à leurs activités et leur rend service.

En ce qui concerne le prix, on note des différences entre la bouteille verre et la bouteille plastique ; pourtant, le produit est le même ! C'est donc le matériau qui, à travers la perception qu'en a le consommateur, permet de vendre un produit plus ou moins cher...

Même si Vittel® a un positionnement « vitalité », le matériau permet aussi de placer cette vitalité à différents moments de consommation : vitalité et sport avec le bouchon sport et la bouteille en PVC, vitalité et grande table avec la bouteille en verre, ou encore vitalité et enfance avec la bouteille en plastique souple.

A travers ces quelques exemples, nous pouvons voir comment les industriels utilisent les matériaux à des fins marketing. En fonction du type de matériaux, un produit gagnera en tradition avec le verre ou le grès, en praticité (plus léger, moins fragile) avec le plastique... en qualité sensorielle (plus croustillant, goût plus boisé pour le vin...), en valeur (rappel des recettes de grand-mère) ou encore en valeur ajouté avec le recyclage.

Le consommateur juge donc les qualités intrinsèques du produit mais aussi les qualités extrinsèques. La valeur qu'il va attribuer au produit sera donc objective et subjective, elle dépendra du produit, du consommateur et du contexte [30 et 31].

## Conclusion

L'étude des interactions entre les matériaux utilisés en agro-alimentaire lors de la fabrication, du stockage, de l'achat ou de la consommation d'un produit alimentaire nous montrent leurs véritables influences sur les qualités des aliments.

Comme nous avons pu le voir au travers de ce rapport, les propriétés des matériaux jouent un grand rôle dans le développement des interactions d'un matériau au contact d'un aliment.

La réglementation des matériaux aptent au contact alimentaire reste trop stricte à l'heure actuelle. Alors que certains matériaux tels que le bois, pourraient valoriser les produits, la réglementation interdit très souvent leur utilisation.

Les interactions, à la base considérées comme néfastes pour l'aliment, sont de plus en plus étudiées pour inverser la tendance. On voit apparaître de nouveaux matériaux qui utilisent ces interactions avec l'aliment afin de valoriser le produit. L'emballage actif en est la parfaite illustration.

La valorisation des aliments dépend des interactions avec les matériaux. Celle-ci peut être scientifique, sensorielle ou encore psychologique.

Pour être plus explicite, nous avons exemplifié chaque qualité. Cependant, dans chaque produit, toutes ces qualités sont présentes. L'acier inoxydable, intervient en effet dans la qualité sanitaire mais aussi dans la qualité perçue : les entreprises ne communiquent-elles pas sur leur système qualité ?

## Lexique

**Aliments** : Toute substance qui sert à la nutrition des êtres vivants

**Amélioration** : Action de rendre meilleur, changer en mieux

**Anfractuosités** : cavité sinueuse et profonde (Larousse) ou petits trous petites fissures (Johann)?

**Elevage du vin** : Correspond à la période comprise entre la fin de la vinification (arrêt de la fermentation) et la mise en bouteille

**Email** : Matière opaque, coloré ou non, qui rend imperméable et brillant le biscuit poreux de la faïence. Il est aussi appliqué sur les métaux

**Extrusion-soufflage** : procédé par lequel le matériau plastique mis sous pression est contraint de traverser une pièce mécanique qui lui donnera sa forme, après on souffle de l'air chaud à l'intérieur

**Influence** : Action (généralement lente et continue) d'un agent physique (sur quelqu'un, quelque chose), suscitant des modifications d'ordre matériel.

**Interactions** : Action réciproque de deux ou plusieurs objets, de deux ou plusieurs phénomènes

**Matériau** : matière de base sélectionnée en raison de propriétés particulières et mise en œuvre en vue d'un usage spécifique.

**Métal noble** : métal qui résiste à l'oxydation et à la corrosion

**Exopolymères** : Polymères extracellulaire servant à l'adhésion des microorganismes, il s'agit de protéines spécifiques ou non spécifiques et de polysaccharides caractéristiques pour une souche donnée

**Polyuréthane** : Nom générique de vernis mono ou bi composant dont l'agent filmogène résulte de la réaction d'isocyanates sur une résine polyester ou polyéther. Exemple de produit (résine, colles, joints...)

**Sorption** : Absorption ou rétention d'un gaz dans un solide

**Supraconductivité** : phénomène survenant dans certains matériaux dits supraconducteurs. Il est caractérisé par l'absence de résistance électrique et l'annulation du champ magnétique à l'intérieur du matériau. La supraconductivité conventionnelle se manifeste à des températures très basses, proches du zéro absolu (-273°C). (Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Supraconductivité>)

**Valorisation** : Mise en valeur de quelque chose pour en tirer davantage de ressources

# Bibliographie

- AFSSA, 2000, principaux risques sanitaires identifiés, Rapport du groupe de travail « alimentation animale et sécurité sanitaire des aliments »
- BARWISE P. et MEEHAN S., 2005, L'art du marketing, De l'importance de la perception de valeur par le client, *Les Echos*
- BEUVIER E. et al, 1997, Ripening and quality of Swiss type cheese made from raw, pasteurized and microfiltered milk. *International Dairy Journal*, pp 7, 311-323
- BERODIER A. et Al, 2005, Comité Interprofessionnel du Comté et INRA, Quels sont les évolutions de la flore microbienne dans les laits et les fromages ?
- BIMBERET et al, 2002, Génie des procédés alimentaires, RIA
- BOLNOT F-H., 1996, La qualité des prestations alimentaires application à la restauration
- BOURION F., 2000, ASEPT, L'hygiène dans la qualité, De la qualité sanitaire du bois dans la filière viande.
- BROUILLAUD-DELATTRE A. et al, 1997, Predictive microbiology of dairy products : influence of biological factors affecting growth of *Listeria monocytogenes*. *Journal of AOAC International*, pp 80, 913-919
- BROSSOLET C., 1999, L'entreprise et la démarche stratégique, *la prise en compte des consommateurs*, fiche 14
- CHATONNET P., 1995, Influence des procédés de tonnellerie et des conditions d'élevage sur la composition et la qualité des vins élevés en fûts de chêne
- CICLA, 1992, Centre d'Information du Cuivre, propriétés du cuivre et de ses alliages, édition Variance conseils, chapitre 1 pp 3-10 et chapitre 10 pp 69 -75
- COHEN J.B. And ARENI C.S., 1991, « Affect And Consumer Behavior », In *Handbook Of Consumer Behavior*, T.S. Robertson And H.H. Kassarian, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- CREDOC, 2004, *Comportement et consommation alimentaire des français*, Volet comportement ou opinion, rapport général, tome 1
- CSAA, 1998, Chambre Syndicale de l'Aluminium et de ses Alliages, *L'Aluminium au contact des aliments*
- DE RAYMOND A., 2005, Colloque SFER, *Au nom de la qualité : quelles qualités demain, pour quelles demandes ?*
- DGS, 2003, Rapport annuel, Direction Générale de la Santé, Service de protection de la consommation, Genève *Emballages en feuille d'aluminium*
- EPPERT I. et al, 1997, Growth reduction of *Listeria* spp. caused by undefined industrial red smear cheese cultures and bacteriocinproducing *Brevibacterium linens* as evaluated in situ on soft Cheese. *Applied and Environmental Microbiology*, pp 63, 4812-4817
- GAQUEREL S. et COSTES R., 2004, DGCCRF, Note d'information n°2004-64 (communicable au

sens de la loi du 17 juillet 1978) du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, Matériaux en contact des denrées alimentaires

- GONTARD N., 2000, Panorama des emballages actifs alimentaires, Les emballages actifs, pp 1-12
- GUTIERREZ I., 2005, Consommateur, l'heure de la réconciliation, *Supplément RIA*, pp 30-33
- KENNEL F., 2004, La vraie vie des arômes, Le point, spécial vin, n°1668, p 144
- LIQUET J-C., 2005, La création de valeur en gestion,
- MONROE K.B. And KRISHNAN R., 1985, The Effects Of Price On Subjective Product Evaluations, In *Perceived Quality : How Consumers View Stores And Merchandise*, Jacob Jacoby Et Jerry C. Olson, Editions Lexington, pp 209-232
- MORROT G., 2005, INRA, le goût du vin dans nos têtes
- MOSSE M., 1997, techniques de l'ingénieur, dossier A9785, « *Emballages en verre, le verre emballage primaire et propriétés fonctionnelles* »
- MULTON J-L., BUREAU G., et al, 1998, *l'emballage des denrées alimentaire de grande consommation* 2<sup>e</sup> édition, édition technique et documentation, pp 1-23, 42, 72-101, 109, 117, 138, 301, 308, 328- 331, 431-439, 532-534, 598-614, 1021, 1040-1041
- NAUDIN R., 2000, ITV France Bourgogne/Centre-Est, incidence de l'origine géographique, de la texture et de l'espèce botanique des chênes sur les qualités organoleptiques des vins, 7 novembre 2000, **Extrait de « Maîtrise de l'élevage du vin » Journée Technique (compte-rendu)**
- PASTOUREAU M., 2004, Dictionnaire des couleurs de notre temps, Symbolique et société, pp 189-193
- PINSEAU M., 2004, L'emballage des surgelés, dossier marché, *Caractère* n°603, pp 70-77
- PENNORS J. et DAVID M., 2001, Conseils économique et social régional, Ajoutons de la valeur dans l'industrie agro-alimentaire de Bretagne
- PUNJ G. et STEWART D W., 1983, An interaction framework of consumer decision making, *Journal of consumer research*, n°2, p 96
- REQUENA J., 1998, techniques de l'ingénieur, dossier A9750, « *Choix de l'emballage, les matériaux, les contraintes, le verre* »
- RIBERAU-GAYON P., Chimie du vin, Stabilisation et traitements, *Traité d'œnologie*, tome II
- ROUDAUT H. et LEFRANCQ E., 2005, Alimentation théorique, sciences des aliments, Edition DOIN, p 24
- SCHMIDT R., 1999, Comportement des matériaux dans les milieux biologiques, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Allemagne, pp 1-9, 139, 140, 141, 195, 197 et 203
- THEBAULT J., 2001, Casimir, *Emballages, les emballages actifs*
- THIS H., 2002, Casseroles et éprouvettes, Edition Belin pour la science, p 46-47
- THIS, 2003, Compte rendu du Séminaire N° 31 de Gastronomie moléculaire
- TROUY-TRIBOULOT M-C. et TRIBOULOT P., 2001, technique de l'ingénieur, dossier C925, « *Matériau bois, Structure et caractéristiques* »
- VOIROL E., 1994, 2<sup>e</sup> colloque de l'Institut supérieur du conditionnement alimentaire de Pauzaugues (France), « *Conditionnement alimentaire, les matériaux barrière pour quoi faire ?* » p 145

- YVERNAULT V., 2005, Capital, *les emballages les plus emballants de l'année*, pp 126-128

**Site Internet :**

- [1] LEBLOND R., 1998, CNAM, *Cours unité de valeur MANAGEMENT, MARKETING et COMPTABILITÉ*. <http://remi.leblond.free.fr/management/Cours.html> (date de consultation janvier 2006)
- [2] HOHMANN C., 2004, La très relative notion de la valeur, <http://chohmann.free.fr> (date de consultation janvier 2006)
- [3] AURIER P. et al, La valeur du produit aux yeux du consommateur, Centre de Recherche en Gestion des Organisations, Université Montpellier II. <http://www.crego.univ-montp2.fr/~crego/cahiers/hs3.pdf> (date de consultation janvier 2006)
- [4] GIAMPAOLI P., 2003, ENSIA, Constituants alimentaires et emballage [http://www.ensia.fr/recherche/sa\\_emballage.php](http://www.ensia.fr/recherche/sa_emballage.php) (date de consultation décembre 2005).
- [5] AUVERGNE AGRICULTURE, 2002, Réunion du pôle territoires ruraux sensibles, *note sur la valorisation économique de la qualité*. <http://draf.auvergne.agriculture.gouv.fr/pole-trs/rapports/note%20qualit%20E9.doc> (date de consultation janvier 2006)
- [6] [http://www.omafra.gov.on.ca/french/food/industry/food\\_proc\\_guide\\_html/chapter\\_5.htm](http://www.omafra.gov.on.ca/french/food/industry/food_proc_guide_html/chapter_5.htm)
- [7] INRA, 1998, Unité de Physicochimie et de Biotechnologie des Polymères de Reins, *Emballages plastiques alimentaires et sécurité du consommateur* <http://www.inra.fr/actualites/DOSSIERS/DOC/secualim/pdf98/emballage.pdf> (date de consultation décembre 2005)
- [8] [http://www.omafra.gov.on.ca/french/food/industry/food\\_proc\\_guide\\_html/chapter\\_5.htm](http://www.omafra.gov.on.ca/french/food/industry/food_proc_guide_html/chapter_5.htm) (date de consultation décembre 2005)
- [9] [http://web.ujf-grenoble.fr/PHY/enseignement/plates-formes/thermo/assets/Rayo\\_Convec.pdf](http://web.ujf-grenoble.fr/PHY/enseignement/plates-formes/thermo/assets/Rayo_Convec.pdf) (date de consultation décembre 2005)
- [10] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Fonte\\_%28m%C3%A9tallurgie%29](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fonte_%28m%C3%A9tallurgie%29) (date de consultation décembre 2005)
- [11] MARTINEZ, C., 2002, Bio-respect, *l'aluminium faut-il en avoir peur ?* <http://www.biorespect.com/lesnews.asp?ID=5&NEWSID=127> (date de consultation janvier 2006)
- [12] [http://fr.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9ramique\\_industrielle](http://fr.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9ramique_industrielle) (date de consultation décembre 2005)
- [13] <http://www.faiencerie-pornic.fr/entreprise/glossaire.html> (date de consultation novembre 2005)
- [14] Musée d'art et d'histoire, Suisse, 1999, « *Des goûts et des couleurs, Céramiques gallo-romaines* ». <http://www.fr.ch/mahf/de/musee/ceramique.htm> (date de consultation novembre 2005)
- [15] BONHOURE I., « *La céramique médiévale* », Centre de Développement en Art et Culture Médiévale. <http://cdacm.free.fr/artceramique.html> (date de consultation : novembre 2005)
- [16] <http://www.nemox.com/webfr/indexitmod.asp?Ind=http://www.nemox.com/webfr/CotturaPietra/CotturaPietraIntro.htm> (date de consultation novembre 2005)
- [17] [http://www.morand-viandes.fr/morand/mor\\_site\\_four.htm](http://www.morand-viandes.fr/morand/mor_site_four.htm) (date de consultation janvier 2006)

- [18] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Mati%C3%A8re\\_plastique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Mati%C3%A8re_plastique) (date de consultation janvier 2006)
- [19] <http://www.vinetsante.com/accueil.php3> (date de consultation mars 2006)
- [20] [www.nature-en-lorraine.net/trav\\_perso/hombois.pdf](http://www.nature-en-lorraine.net/trav_perso/hombois.pdf) (date de consultation janvier 2006)
- [21] <http://www.gret.org/tpa/bulletns16/b16p14.thm> (date de consultation décembre 2005)
- [22] <http://collections.ic.gc.ca/notukeu/pemmican1.htm> (date de consultation janvier 2006)
- [23] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Mat%C3%A9riau> (date de consultation janvier 2006)
- [24] MONFORT-WINDELS F., 2003, CRIF WTCM, les emballages actifs, [http://72.14.203.104/search?q=cache:FLkJtKxdftAJ:www.champagne-ardenne.cci.fr/fr/lettres\\_veilles/CCIEmballage/pdf/emballagesactifs.pdf+emballages+actifs&hl=fr&gl=fr&ct=clnk&cd=1](http://72.14.203.104/search?q=cache:FLkJtKxdftAJ:www.champagne-ardenne.cci.fr/fr/lettres_veilles/CCIEmballage/pdf/emballagesactifs.pdf+emballages+actifs&hl=fr&gl=fr&ct=clnk&cd=1) (date de consultation mars 2006)
- [25] <http://asso.objectif-sciences.com/Emballages-actifs-prolongeant-la-duree-de-vie-des-fraises.html>, (date de consultation mars 2006)
- [26] <http://72.14.203.104/search?q=cache:-TxUJMnmR4kJ:www.packagingvalley.com/files/FINAL%2520ACTIPAK.pdf+acceptation+des+emballages+actifs&hl=fr&gl=fr&ct=clnk&cd=4> (date de consultation mars 2006)
- [27] PROUST I., L'élevage des vins en fût ne leur serait pas bénéfique au-delà d'un an, Etude publiée le 26/04/2005 <http://www.viti-net.fr/Outils/Fiches/FichesDetail.asp?idRub=75&id=20086> (date de consultation janvier 2006)
- [28] <http://www.emballagedigest.fr/dotclear/index.php?2003/06/30/2013-tendances> (date de consultation mars 2006)
- [29] <http://www.emballagedigest.fr/dotclear/index.php?2005/08/30/2187-sachets> (date de consultation mars 2006)
- [30] Nestlé Waters, Intranet Nestlé (date de consultation février 2006)
- [31] <http://www.vittel.com/fr/b-gamme-vittel.htm> (date de consultation mars 2006)

# *Annexes*

**Annexe 1** : La notion de valeur (page 1-3)

**Annexe 2** : Les neuf catégories de consommateurs (page 4-5)

**Annexe 3** : La réglementation (page 6-8)

**Annexe 4** : Les lois de Fick (page 9)

**Annexe 5** : Les lois de Fourier (page 10-11)

**Annexe 6** : Tableau synthétique des matériaux en contact alimentaire (page 12-13)

## **Annexe 1 : La notion de valeur**

Ce paragraphe n'a pas pour ambition de réaliser une étude approfondie des théories et des concepts de la valeur. L'objectif n'est pas de décrire et de critiquer plusieurs siècles de littérature à ce sujet : Marx, Smith, Potter, Ricardo ont, parmi tant d'autres, étudié cette notion.

Dans le cadre de notre travail, une approche synthétique de cette notion s'avère nécessaire afin de poser les bases de notre étude et de clarifier certains concepts pour comprendre notre objectif : la valorisation des produits alimentaires grâce à des interactions avec les matériaux.

### **La valeur : une pluralité de sens**

*Quels sont les différents sens du mot « valeur » ?*

Il suffit d'ouvrir un dictionnaire à la recherche de la définition de la valeur pour comprendre la complexité de cette notion. Un dictionnaire « classique » comprend environ une dizaine de définitions. Parmi celles-ci, on distingue un sens concret et un sens abstrait. Le sens concret de la valeur concerne à la fois son approche financière (la valeur et le prix), numérique (la mesure d'une grandeur est sa valeur numérique) et artistique (en peinture ou en musique, elle concerne la durée d'une note ou la clarté d'un ton). Le sens abstrait de la valeur concerne tout ce qui n'est pas mesurable comme la valeur liée à la qualité d'une personne ou d'un objet qui la rend digne d'estime, ou ce que l'on appelle les valeurs c'est-à-dire les références et les principes moraux d'une personne, d'une société...

Le premier niveau de complexité de cette notion vient de cette pluralité de sens qu'elle concentre.

### **Les grandes théories de la valeur**

La dimension économique de la valeur a été très étudiée par des auteurs tels que Karl Marx dans son livre : « le capital », Adam Smith avec « Recherche sur la nature et les causes de la richesse des nations » ou encore Potter, Ricardo...

Chacun aborde sa théorie, son concept de la valeur, bien souvent applicable à un type de société ou à un type de politique économique, et parfois opposés.

*La valeur est-elle objective ou subjective ?*

On peut distinguer deux grandes conceptions de la valeur qui se confrontent souvent : la valeur objective et la valeur subjective.

Selon certains économistes, la valeur d'un bien peut se baser sur un facteur objectif, matérialisé par un critère mesurable et indépendamment de l'observateur.

La variante la plus ancienne est celle des Physiocrates, selon laquelle la valeur a pour origine la terre. La vision de Quesnay de la *valeur provenant de la nature* repose sur l'idée que seule la production agricole est créatrice de richesses et que toute autre activité artisanale ou commerciale n'est que l'addition de travail et de matières premières issues directement ou indirectement des produits de la terre. Ainsi, la valeur du pain ne tiendrait qu'à la production de blé ; les autres matières premières ajoutées (sel, eau, levure...) sont des produits de la terre ; le travail fournit, par le boulanger par exemple, serait également issu indirectement de la terre : en effet, pour travailler, le boulanger se nourrit grâce à la production agricole.

La variante la plus connue est la théorie de la valeur-travail, selon laquelle la valeur d'un bien est formée par le travail qu'il a fallu dépenser pour produire ce bien. Cette thèse a été défendue par les classiques anglais et est le fondement du marxisme. Marx précise qu'il s'agit du « *temps de travail socialement nécessaire* », c'est-à-dire « *celui qu'exige tout travail, exécuté avec le degré moyen d'habileté et d'intensité et dans des conditions qui, par rapport au milieu social donné, sont normales* ».

Cette théorie ne se développe complètement que sur la base du mode de production capitaliste.

A l'opposé, les classiques français et les marginalistes (néoclassiques) soutiennent que la valeur des choses est attribuée par chaque observateur de façon subjective, et donc variable dans le temps et entre différents « observateurs » ou entre différents « sujets ».

### **Valeur d'échange, valeur d'usage, valeur de coût, valeur d'estime**

*Sur quels critères cette valorisation sera-t-elle abordée ?*

Les économistes définissent la valeur d'échange qui correspond essentiellement au prix et à la perception qu'en a l'acheteur. Celle-ci va dépendre de la valeur de coût, de la valeur d'usage et de la valeur d'estime (Site Internet 1).

La valeur de coût provient du total des coûts de main d'oeuvre, de matière première et des autres frais. C'est donc une approche objective.

La valeur d'usage est liée directement à l'utilisation que l'on va avoir du produit, dans un contexte donné. C'est à la fois une approche subjective et objective de la valeur : objective car un produit d'une grande ergonomie aura une valeur d'usage élevée, subjective car dans un même contexte, deux personnes n'attribuerons pas la même valeur d'usage à un produit.

La valeur d'estime correspond aux propriétés, aux caractéristiques ou à l'attrait qui nous font désirer la possession d'un produit (produits de prestige, de luxe, mode...) et au plaisir ressenti par l'utilisateur lors de l'utilisation de ce produit. La valeur d'estime est une approche purement subjective. Dans le texte aussi

## **Valeur et Prix**

### *Qu'est-ce que le prix ?*

Le prix est le montant monétaire échangé contre un bien ou un service lors d'un achat ou d'une vente. Le prix est donc défini comme l'expression monétaire de la valeur. En apparence, le calcul est simple : plus le produit a une grande valeur, plus son prix est élevé...

### *Valeur et prix, idem ?*

La vision de la valeur objective semble exacte à première vue. Mais comment expliquer que le prix d'une oeuvre d'art, par exemple, ne corresponde pas du tout au nombre d'heures passées par l'artiste pour la créer ? Si l'on prend l'exemple du verre d'eau, comme l'illustre Condillac dans *Le Commerce et le Gouvernement considérés l'un relativement à l'autre* (site Internet 3), un homme assoiffé payera une somme très importante pour un verre d'eau. Toutefois une fois le premier verre d'eau consommé, et un second voire un troisième, la valeur, très importante au premier verre, décroît nettement si bien que le dernier verre n'a presque plus de valeur.

## **Annexe 2 : La création de valeur en entreprise : deux stratégies possibles**

### **La stratégie de baisse des consommations peut emprunter de nombreuses voies**

Une grande partie des approvisionnements de l'industrie agro-alimentaire provient de l'agriculture et de la pêche. Il pourrait sembler logique de chercher à réduire le coût de ces achats en obtenant des prix d'approvisionnement réduits.

Certains investissements peuvent ainsi être générateurs d'économies au sein des entreprises.

Néanmoins, la principale piste de réduction des coûts réside dans la possibilité d'externaliser une activité parfois trop coûteuse. Ainsi, les entreprises peuvent définir des objectifs de sous-traitance.

### **La différenciation peut emprunter plusieurs axes**

- L'amélioration de la qualité ainsi que l'utilisation d'une marque ou de signes officiels de qualité
- La suppression de caractéristiques non valorisées par la clientèle visée
- La spécialisation (conception d'une offre adaptée à un segment de marché)

La différenciation peut être illusoire (car basée uniquement sur la publicité et la communication) ou fondée sur des critères relativement objectifs (services, qualité, respect de l'environnement dans les pratiques de production, traçabilité, l'innovation etc.).

### **Annexe 3 : Les neuf catégories de consommateurs** **(CREDOC, 2004)**

**Les adeptes de la nutrition (21%) :** ils privilégient une alimentation variée composée de produit «sains », frais, régionaux ou encore biologiques. L'aspect qualité / santé prime mais 74% considère que « manger est toujours un plaisir ». Leur alimentation est basée sur le modèle traditionnel français : des repas pris à table, en famille et ils consacrent du temps à la préparation des repas. Ils consomment plus souvent des produits allégés (46% vs 25%) et sont prêts à payer plus cher pour un produit de meilleure qualité. D'ailleurs, ils privilégient les boutiques spécialisées (31% y vont au moins 2 fois par semaine vs 23% pour les autres consommateurs), les commerces de proximité ou les supermarchés contrairement aux hypermarchés et maxi discounts.

**Les seniors traditionnels (17%) :** ces consommateurs sont essentiellement des femmes à la retraite qui ont des repas structurés, variés et pris à domicile. Ils consomment des produits non transformés, laissent peu de place aux nouveaux produits et sont peu préoccupés par les risques alimentaires.

**Les familiaux classiques (11%) :** consommateurs jeunes adultes, situation modeste. Ils prennent des repas complets qui demandent un temps de préparation long, valorisent peu la nutrition et beaucoup le plaisir. Ils ne s'informent pas sur les risques alimentaires.

**Les inquiets pressés (11%) :** ce sont surtout des ouvriers ou employés vivants en milieu urbain. Les repas sont souvent pris sur le pouce et se composent de plats cuisinés surgelés, traiteurs ou de « plateaux télé ». Les fruits et légumes sont mis de côté. Leur principale préoccupation est la quantité : « la quantité est garante du bien manger ».

**Les décontractés (10%) :** ce sont surtout des couples avec enfants, des individus aisés et vivants en milieu urbain. Le mode de vie très sociable de ces consommateurs leur donne un regard ludique sur l'alimentation. Alors qu'ils prônent l'équilibre alimentaire et la variété par bonne conscience ils cuisinent peu (par ennui), sautent des repas, privilégient sandwichs, quiches, pizzas, entremets et boissons sucrées.

**Les bons vivants (9%) :** ce sont essentiellement des hommes, des ouvriers de petites agglomérations qui assurent des repas « plaisir », structurés et conviviaux. Ils sont sereins vis-à-vis de la sécurité alimentaire, ne se préoccupent pas du lien entre la santé et l'alimentation et privilégient la charcuterie, la viande, le fromage, les pommes de terre et les boissons alcoolisées. Le goût et la satiété sont au cœur de leur choix.

**Les solidaires désimpliqués (9%) :** les femmes seules à la retraite y sont surreprésentées. Les repas sont simples et apportent souvent trop peu de calories. L'acte alimentaire est plus une corvée ; ce type de consommateur doit être surveillé pour éviter les carences alimentaires.

**Les innovants (7%) :** ce sont des personnes vivants dans les grandes agglomérations et en région parisienne, le plus souvent seules ou seules avec enfants. Elles privilégient la livraison à domicile (surtout en semaine) et les repas pris sur le pouce.

Cette catégorie est la cible idéale du marketing car ces consommateurs attachent autant d'importance au contenant qu'au contenu : l'emballage (27% vs 9% des autres consommateurs), l'innovation (25% vs 6%), la marque et la nouveauté sont autant de motivations qui font appel à la dimension immatérielle de l'alimentation.

Ils éprouvent du plaisir à se restaurer : nourriture, cadre agréable, convivialité sont importants lors des repas.

Pour le moment, même s'ils sont au courant des bonnes pratiques nutritionnelles, ils privilégient le plaisir et remettent l'équilibre à plus tard, lorsque qu'ils seront obligés...

**Les obsédés de la balance (5%) :** ce sont surtout des jeunes femmes urbaines. Ce groupe est plus mince que la moyenne et contrôle son poids ou plutôt, sa balance ! Ces consommateurs montrent une exigence accrue vis-à-vis des produits et une certaine expertise ; ils sont très sensibles aux crises alimentaires, consomment des allégés et des aliments enrichis et consacrent du temps au petit déjeuner. En revanche, ils craquent plus souvent que les autres pour des pâtisseries, sautent des repas ou mangent à heures variables, consomment du tout prêt, mangent très vite, sont adeptes de la livraison à domicile et des plateaux repas... Que de contradictions !

## **Annexe 4 : Réglementation**

Le texte de base réglementant l'aptitude des matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les denrées, produits et boissons alimentaires est le décret n°92-631 du 8 juillet 1992. De ce texte découlent, pour les matériaux et objets entrant dans son champ d'application, les prescriptions applicables aux différents opérateurs concernés.

Le texte s'applique aux matériaux et objets :

- à l'état de produits finis ;
- destinés à être mis en contact avec les denrées alimentaires ;
- ou mis en contact avec les denrées alimentaires conformément à leur destination.

En conséquence, les matières utilisées en tant que matières premières ou intermédiaires de fabrication ne sont pas directement visées par cette réglementation (ex. : granulés de polymère avant mise en forme de l'objet).

Les matériaux et objets se répartissent entre :

- emballages et conditionnements,
- récipients et ustensiles de cuisine,
- matériaux, machines et matériels utilisés dans la production, le stockage ou le transport de denrées alimentaires,
- tétines et sucettes.

Les denrées alimentaires concernées sont les aliments et les boissons (y compris l'eau destinée à l'alimentation humaine ou animale et les eaux minérales naturelles) :

- aussi bien à l'état de produit fini que de produits intermédiaires,
- destinés à l'alimentation humaine ou de l'animal

### **Le principe d'inertie (article 3 du décret) :**

Les matériaux et objets doivent être inertes à l'égard des denrées alimentaires. En particulier, ils ne doivent pas :

- céder des constituants dans une quantité dangereuse pour la santé (de l'homme et de l'animal) ;
- entraîner une modification inacceptable de la composition de la denrée ;
- altérer les propriétés organoleptiques de la denrée alimentaire.

Le principe d'inertie implique également l'absence d'absorption de liquides alimentaires par les matériaux et objets sauf si le bon usage de ces matériaux et objets est basé sur le caractère poreux de l'article. En tout état de cause, l'article en question ne doit pas permettre un développement microbien à partir des denrées ou boissons absorbées.

Dans certains cas, des arrêtés prévoient des dispositions spécifiques pour l'application de l'article 3 du décret à une catégorie de matériaux (ex. : matières plastiques, caoutchouc, etc.).

Ces arrêtés peuvent comporter :

- des listes positives de constituants autorisés ;
- les critères de puretés applicables à certains de ces constituants ;
- des conditions particulières d'emploi ;

- des limites de migration spécifiques ;
- une limite de migration globale ;
- des mesures concernant le contact buccal

A ce texte s'ajoute le règlement (CE) N° 1935/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 27 octobre 2004. Ce dernier est une mise à jour de la réglementation.

Le règlement prend en compte les matériaux et objets actifs et intelligents, les éléments du système qualité (notion de traçabilité,...) et d'autres points en relation avec les problèmes posés par les interactions matériaux/denrées alimentaires. Ainsi, une liste positive de matériaux autorisés en contact alimentaire a été établie :

- 1) Matériaux et objets actifs et intelligents
- 2) Colles
- 3) Céramiques
- 4) Liège
- 5) Caoutchoucs
- 6) Verre
- 7) Résines échangeuses d'ions
- 8) Métaux et alliages
- 9) Papier et carton
- 10) Matières plastiques
- 11) Encres d'imprimerie
- 12) Celluloses régénérées
- 13) Silicones
- 14) Textiles
- 15) Vernis et revêtements
- 16) Cires
- 17) Bois

De plus, la réglementation est spécifique au type de matériaux utilisé de par leurs différentes propriétés. Ils sont soumis à des domaines d'utilisation, des restrictions d'emploi et des limites d'acceptabilité concernant notamment les migrations globale et spécifique, ainsi que des critères de composition et des teneurs maximales tolérées en éléments nocifs pour l'homme ou l'animal (par exemple : les métaux lourds tels que le plomb ou le cadmium).

Enfin, pour certains matériaux non réglementés, ils existent des recommandations et avis de l'AFSSA qui donnent les bonnes pratiques concernant l'utilisation des dits matériaux.

### **La déclaration de conformités :**

Les matériaux et objets destinés à être mis au contact des denrées alimentaires doivent, sauf au stade de la vente ou de la distribution à titre gratuit au consommateur, être accompagnés d'une déclaration écrite attestant de leur conformité, notamment au principe d'inertie prévu à l'article 3, et aux arrêtés d'application.

Le logo applicable pour les matériaux au contact avec des denrées alimentaires :



Source : le Règlement (CE) N° 1935/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 27 octobre 2004 ainsi que les note d'information de la DGCCRF

## Annexe 5 : La diffusion

### *La loi de Fick*

La diffusion correspond à la migration d'une espèce sous le seul effet de l'agitation thermique. Elle peut également se dérouler sous l'effet d'une force, par exemple une force électrostatique ou d'une force chimique. Ce phénomène est régi par la loi de Fick. Celle-ci décrit le taux de transfert de molécules à travers les membranes.

Selon la première loi de Fick, la diffusion est un flux proportionnel au gradient de concentration. Comme la diffusion est un phénomène qui se déroule entre deux compartiments, on peut le résumer par l'équation :

$$Dn_0 / dt = k ( C_1 - C_2 )$$

Avec  $\left\{ \begin{array}{l} Dn_0 / dt : \text{flux de diffusion} \\ k : \text{coefficient de diffusion} \\ C : \text{concentration dans le compartiment} \end{array} \right.$

Le coefficient de diffusion va dépendre de la température, de la nature de l'orifice de sortie et de la nature du gaz qui diffuse. S'il s'agit d'un gaz parfait, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'interactions entre les molécules, le coefficient  $k$  est indépendant de la concentration. Dans tous les cas, la diffusion s'effectue du compartiment possédant la plus forte concentration vers celui possédant la plus faible concentration, jusqu'à atteindre un équilibre des concentrations. Lorsque l'équilibre est atteint, des échanges ont toujours lieu, identiques entre les compartiments.

Le coefficient de diffusion représente la perméabilité d'un matériau vis-à-vis des gaz. La concentration peut être remplacée par la pression.

Source : "la diffusion" [www.cermep.fr/docs/cinotti/difusion.pdf](http://www.cermep.fr/docs/cinotti/difusion.pdf)

## Annexe 6 : Les transferts de chaleur

### La Conduction : les Lois de Fourier

La conduction est un phénomène qui est régi par la première loi de Fourier, selon laquelle on obtient l'équation suivante :

$$\text{Débit de chaleur} = dQ / dt = k \cdot A \cdot (dt / dx)$$

Avec  $\left\{ \begin{array}{l} dQ / dt : \text{vitesse de transfert de chaleur} \\ k : \text{conductibilité thermique} \\ A : \text{surface d'échange ou de contact} \\ dt / dx = (T_{chaude} - T_{froide}) / \text{épaisseur} : \text{gradient de température} \end{array} \right.$

Les valeurs de la conductibilité thermique  $k$ , qui s'exprime en  $J.s^{-1}.m^{-1}.K^{-1}$  ou en  $W.m^{-1}.K^{-1}$ , varient selon les matériaux. On peut donc en déduire que le transfert de chaleur va dépendre de la nature du matériau employé pour le contact alimentaire. Le tableau qui suit reprend les principaux matériaux selon leur conductibilité thermique.

Matériaux	Conductibilité thermique (en $W.m^{-1}.K^{-1}$ )	Température de mesure (en $^{\circ}C$ )
Aluminium	220	0
Acier inoxydable	21	20
Carton	0,07	20
Plastique (polyéthylène)	0,55	20
Verre	0,52	20
Pierre	0,69	20

On peut en conclure que les métaux sont de meilleurs conducteurs de chaleur que les autres matériaux. On utilisera préférentiellement les métaux pour la cuisson, alors que pour la conservation de chaleur dans le produit, on pourra utiliser le carton. Par exemple, on va cuire des pizzas sur des plaques métalliques alors que le « pizzaiolo » vous les livre dans un emballage carton.

## La Convection : les Lois de Fourier

La convection est un phénomène qui est régit par la seconde loi de Fourier. D'après la première loi de Fourier, on obtient une équation qui en est dérivée :

$$\boxed{\text{Débit de chaleur} = dQ / dt = h \cdot A \cdot dt}$$

Avec  $h$  : le coefficient de transfert surfacique (ou de transfert par convection)

Les valeurs de ce coefficient surfacique  $h$ , exprimé en  $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ , varient selon la saturation des fluides comme le montre le tableau suivant :

Fluides	Coefficient de transfert surfacique (en $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ )	Applications
Liquides d'ébullition	2400 – 60000	Evaporation
Les vapeurs de condensation saturées	12000	Mise en boîte, évaporation
Les vapeurs de condensation avec 3% d'air	3500	Mise en boîte
avec 6% d'air	1200	
Les liquides traversant des tubes à faible viscosité	1200 – 6000	Pasteurisation, évaporation
à haute viscosité	120 – 1200	
L'air brassé	30	Congélation Traitement au four
L'air non brassé	6	Entreposage frigorifique

Comme il y a deux phases lors du transfert par convection, une phase de conduction associée à une phase de convection, on peut déterminer un coefficient global de transfert de chaleur par l'expression suivante :

$$\boxed{(dQ / dt)_{total} = U \cdot A \cdot (T_{conduction} - T_{convection})}$$

Après simplification des calculs, on obtient l'expression de la résistance globale au transfert de chaleur :

$$\boxed{1 / U = (e / k) + (1 / h)}$$

Avec

- $(e / k)$  : la résistance à la conduction
- $(1 / h)$  : la résistance à la convection

En d'autres termes, la résistance globale correspond à la somme des résistances au transfert de chaleur. De ceci, on détermine la loi de conservation de la chaleur :

$$\boxed{(dT / dt) = (k / (\sigma \cdot Cp)) \cdot (d^2T / dx^2)}$$

Avec

- $\sigma$  : la masse volumique
- $Cp$  : la chaleur spécifique massique

Et par généralisation, on obtient la seconde loi de Fourier qui régit la convection :

$$\boxed{(dT / dt) = (k / (r \cdot Cp)) \cdot ((d^2T / dx^2) \cdot (d^2T / dy^2) \cdot (d^2T / dz^2))}$$

Avec  $(k / (r \cdot Cp))$  : la diffusivité thermique

## Annexe 7 : Tableau récapitulatif des matériaux

Les matériaux	Exemples d'utilisation	Quelques propriétés	Qualité Sanitaire	Qualité Santé	Qualité Sensorielle
Matériaux à base d'acier	Machines, plans de travail en industrie...	Nettoyabilité, inertie du matériau, résistance mécanique	+++	+	+
La fonte	Ustensiles de cuisson, hachoir...	Bonne conduction de la chaleur, permet de faire « mijoter »	+	+	++
L'aluminium	Boite de conserve, cannette de boisson, ustensiles de cuisine...	Protection contre la lumière, l'O <sub>2</sub> , l'humidité, bonne conductibilité	+/-	++	++
Le cuivre	Cuve en fromagerie ou brasserie, ustensiles de cuisson...	Bonne conductibilité, propriété bactériostatique	+/-	+/-	+++
Le verre	Bocal d'épice, verre à moutarde, pots de confiture...	Inertie élevée, qualité barrière, bonne résistance chimique et thermique	++	+	++
Le pyrex	Plats de cuisson,...	Résistance thermique élevée, facilité de nettoyage	++	+	+
Les céramiques	Plats de cuisson, terrines, amphores...	Faible conductibilité thermique, matériau résistant	+	+	+
La pierre	Four à pizza, les pierrades...	Inertie thermique, haute conductibilité thermique	+	+	++
Les briques réfractaires	Four de cuisson,...	Haute résistance thermique, emmagasine la chaleur	+	+	++
Les plastiques	Pots de yaourt, les bouteille d'eau,...	Diversité, adaptabilité, propriété de structure ou de barrière	+	++	++
Le bois	Les gerles en fromagerie, les planches à découper,...	Propriété hygroscopique, isolante, mécanique	+/-	+	+++
Les papiers et cartons	Les boite à pizza, emballage en restauration rapide,...	Faible conductivité thermique, protection contre la lumière	+	+	+
Le cuir	Le kéfir, le pemmican,...	Transmission de sa flore bactérienne	+	++	++
Les boyaux naturels	Andouillette, boudin,...	Transmission de sa flore bactérienne	-	+/-	++
Les matériaux composites	Brique TetraPack de lait UHT ou de jus de fruit,...	Résistance mécanique, imperméabilité	+	++	++
Les vernis	Dans les boite de conserve ou les cannettes,...	Adhérence, inertie physico-chimique	+++	-	-
Les encres alimentaires	Sur les emballages,...	Inertie	-	-	-



## *Tables des illustrations*

Schéma 1 : Valeur, Qualité et Satisfaction .....	12
Schéma 2 : Facteurs et choix alimentaires (ROUDAUT et LEFRANCQ, 2005).....	20
Schéma 3 : Récapitulatif (MULTON, BUREAU et al, 1998) .....	26
Schéma 4 : Exemple de migrations possibles dans le cas d'une bouteille en PET.....	27
Schéma 5 : Les transferts de chaleur (BIMBERET et al, 2002).....	30
Schéma 6 : Une coupe de bois .....	48
Schéma 7: Principaux composants qu'un emballage actif peut absorber, émettre, transformer ou sélectionner (GONTARD, 2000). .....	62
Schéma 8: Les trois grandes catégories d'emballages actifs (GONTARD, 2000 .....	63
Schéma 9 : Exemples concrets d'utilisations des emballages actifs pour répondre aux besoins spécifiques des aliments (GONTARD, 2000).....	64

# Table des matières

Résumé.....	1
Remerciements.....	2
Sommaire .....	3
Introduction.....	6
Partie 1 : La Valorisation par la Qualité .....	7
1 Les différentes perceptions de la valeur.....	8
1.1 La valeur.....	8
1.2 Différence entre Valeur et Prix.....	9
1.3 Les points de vue .....	10
1.4 Valeur, qualité et satisfaction .....	11
2 La création de valeur.....	12
2.1 Pourquoi créer de la valeur ?.....	12
2.2 Pour qui l'entreprise crée-t-elle de la valeur ?.....	12
2.3 Comment l'entreprise crée-t-elle de la valeur ? .....	13
3 Les différentes qualités qui permettent la valorisation d'un produit .....	14
3.1 Les qualités intrinsèques.....	14
3.1.1 La qualité sanitaire et hygiénique (sécurité) .....	14
3.1.2 La qualité organoleptique et gustative (sensorielle) .....	15
3.1.3 La qualité nutritionnelle (santé) .....	15
3.2 La qualité perçue .....	16
4 Le consommateur et la notion de qualité .....	17
4.1 Les attentes des consommateurs en terme de qualité alimentaire .....	18
4.2 Les facteurs qui agissent dans les choix et consommations alimentaires .....	19
Partie II : le rôle des interactions matériaux / aliments dans la valorisation des produits alimentaires...22	
1 Propriétés des aliments.....	23
1.1 Les facteurs intrinsèques .....	23
1.1.1 L'acidité .....	23
1.1.2 L'activité de l'eau .....	24
1.1.3 Composition de l'aliment.....	24
1.2 Les facteurs extrinsèques.....	25
2 Les différentes interactions possibles entre matériaux et aliments.....	27
2.1 La migration entre matériaux et denrées alimentaires.....	27
2.2 Transferts d'énergie - Transferts de chaleur.....	30
2.3 Interaction matériau / aliment dans un milieu biologique.....	31
2.3.1 Relation : biofilms/matériau/aliment .....	32
2.3.2 Influence des phénomènes de bioadhésion sur les matériaux.....	33

3	Les conséquences des interactions.....	34
	Partie III : Propriétés et utilisations des matériaux et des composés en contact alimentaire.....	36
1.	Matériaux métalliques.....	37
1.1	Matériaux à base d'acier .....	37
1.2	La fonte.....	38
1.3	L'aluminium.....	38
1.4	Le cuivre.....	39
2.	Matériaux minéraux.....	41
2.1	Le verre.....	41
2.2	Le pyrex.....	42
2.3	Les céramiques .....	42
2.4	La pierre.....	43
2.5	Les briques réfractaires.....	44
3.	Matériaux organiques.....	44
3.1.	Les plastiques .....	44
3.3.1	Les matériaux de structure et leurs associations .....	45
3.3.2	Les matériaux dits barrière.....	47
3.2.	Le bois .....	48
3.3.	Les papiers et les cartons .....	52
3.4.	Le cuir.....	53
3.5.	Les boyaux naturels.....	54
4.	Matériaux composites .....	54
5.	Autres composés en contact alimentaire.....	55
5.1	Les vernis de protection .....	55
5.2	Les encres alimentaires.....	55
	Partie IV : Les matériaux, outils de valorisation scientifique ou outils marketing ?.....	57
1	Valorisation des qualités intrinsèques des aliments.....	58
1.1.	L'acier inoxydable et la qualité sanitaire.....	58
1.2.	Les emballages actifs, facteur de valorisation de la qualité nutritionnelle.....	61
1.3.	Tonneaux en bois, vins et qualité sensorielle : à chaque cru sa forêt ?.....	67
2	Valorisation marketing.....	74
2.1	Les yaourts .....	75
2.2	Les plats cuisinés surgelés et leurs différents modes d'emplois .....	76
2.3	Les sachets micro-ondables.....	76
2.4	La gamme Vittel®.....	77
	Conclusion .....	79
	Lexique.....	80
	Bibliographie.....	81
	Annexes.....	85
	Tables des illustrations.....	86

Table des matières.....87